E. AMELS

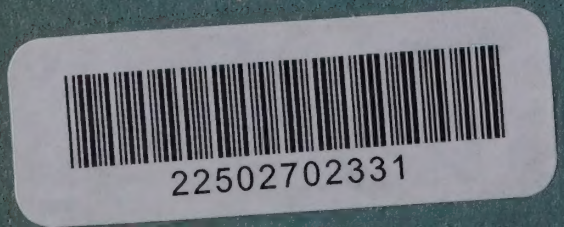
GESCHICHTLICHER UEBERBLICK ÜBER DIE PHYSIOLOGIE DER ATMUNG

I.-D., Leipzig

1903

Edwin Clarke.

WELLCOME
LIBRARY
General Collections
P
2334



Geschichtlicher Ueberblick

über die

Physiologie der Atmung

bis zum Anfange des 19. Jahrhunderts.

Inaugural-Dissertation

zur Erlangung der Doctorwürde

in der

Medicin, Chirurgie und Geburtshülfe

einer

Hohen Medicinischen Facultät der Universität Leipzig

vorgelegt von

Ernst Amels,

appr. Arzt

aus **Crefeld.**

Leipzig.

Druck von Bruno Georgi.

1903.

Gedruckt mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät
zu Leipzig. 7. Januar 1903.
Referent: Herr Geh. Med.-Rat Prof. Dr. Boehm.

Herrn Prof. Dr. **Helfreich** in Würzburg

gewidmet

In den folgenden Blättern soll der Versuch unternommen werden, einen Ueberblick über die Entwicklung der Lehre von der Atmung des Menschen zu geben, wie er sich in den litterarischen Produkten der verschiedenen Zeitalter darstellt. Was die Anordnung des Stoffes betrifft, so wurde naturgemäss das chronologische Prinzip als massgebend betrachtet. Ein Unterschied in der Darstellung der Lehre in Altertum und Mittelalter einerseits und der neueren, bezw. neuesten Zeit anderseits musste nach Lage der Sache insofern gemacht werden, als in den beiden erstgenannten Zeitabschnitten die Atmungslehre der einzelnen Autoren als ein für sich abgeschlossenes Ganzes geschildert werden musste, während später, nach Fixierung der anatomischen und physiologischen Grundsätze der Lehre nur mehr die einzelnen Fortschritte auf dem Wege der Erkenntnis der Atmungsvorgänge verzeichnet zu werden brauchten. Jedoch wurde auch bei der Darstellung der Lehre in Altertum und Mittelalter Bedacht darauf genommen, Wiederholungen derselben Anschauungen nach Möglichkeit zu vermeiden. Die Entwicklung wurde bis zur erlangten Kenntnis der Fundamentalsätze der Mechanik, Chemie und Innervation der Atmung hinaufgeführt. Die sich hieran anschliessenden eingehenderen Forschungen, die ja auch heute noch fortdauern, konnten im Rahmen dieses Versuches nicht mehr berücksichtigt werden.

Was nun zunächst die altindische Medizin betrifft, so enthält beispielsweise das in Ayer-Veda niedergelegte System der Medizin des Châraka und Sûsruta auch physiologische Betrachtungen; es steht jedoch keineswegs fest, inwieweit der medizinische Inhalt autochthon ist. Vielmehr sind Gründe zur Annahme vorhanden, dass er wenigstens vielfach auf Uebertragung aus der altgriechischen Medizin beruht. Ganz abgesehen aber auch hiervon haben wir in den uns zugänglichen Werken dieser Epoche keine die Atmung betreffende Bemerkung auffinden können.

Die Dokumente der ältesten vorderasiatischen medizinischen Kulturen der Babylonier, Perser, Phönizier, überliefern uns nichts auf unser Thema Bezügliches. Dagegen ist zu erwähnen, dass die altägyptische Medizin schon Andeutungen der Lehre vom Pneuma enthält, jenem lebengebenden Agens, dessen Aufnahme in den Körper mit den Vorgängen der Atmung in Zusammenhang gebracht wurde.

Das griechische Altertum war in seinen physiologischen Kenntnissen naturgemäss nicht sehr fortgeschritten; es ist jedoch wohl möglich, sich ein Bild von der Art und Weise zu machen, wie man sich den ständig am eigenen Körper beobachteten Vorgang der Atmung theoretisch zurechtlegte. Bei Homer[1]) beispielsweise scheint das Lebensprinzip, das er je nachdem *ψυχη, θυμος, φρενες* nennt, gleichbedeutend zu sein mit der Atmung, wie er denn nicht nur von *αποπνεω* und *καπνσσω* spricht, um den erfolgenden Tod anzuzeigen; er konstatiert vielmehr auch, dass beim Wiedererwachen des Sarpedon die Atmung — das Leben — zurückkehrte.[2]) Den Sitz dieser mit dem Leben quasi identischen Respiration verlegt er in den

---

[1]) Daremberg, la médicine dans Homère etc. Paris 1865. pag. 54.

[2]) ibidem pag. 57.

ganzen Körper. Die Brust ist aber der Hauptort dieser Funktion. Mehrfach wird auch auf die Lebensgefährlichkeit der Verletzungen des Nackens (medulla oblongata, point vital) hingewiesen, ohne dass Homer natürlich die Beziehungen dieser Gegend zur Atmung auch nur geahnt hätte.

Uebergehend zu den verschiedenen Schulen der griechischen Naturphilosophie, ist zu erwähnen, dass die infrage kommenden Autoren hinsichtlich der Atmungslehre alle nur kurze Bemerkungen hinterlassen haben. So ist uns betreffs Alkmaeons, eines der bedeutendsten Vertreter der jonischen Naturphilosophie, überliefert, dass er bei Ziegen die tuba Eustachii entdeckt habe[1]) und demgemäss annahm, die Ziegen atmeten durch die Ohren.[2]) Leider ist nichts darüber angegeben, wie er sich diesen Vorgang genauer dachte. Ausführlicher sind unsere Kenntnisse über die Lehre eines hervorragenden Mitgliedes der eleatischen Schule, des Empedocles von Agrigent, geb. 504 v. Chr. Nach Aristoteles[3]) und Plutarch[4]) soll er den ersten Atemzug beim Lebewesen darauf zurückgeführt haben, dass die in dem Neugeborenen befindliche Feuchtigkeit den Körper verlasse (*της εν τοις βρεφεσιν υγρασιας αποχωρησιν λαμβανουσης*) und an deren Stelle die äussere Luft in die geöffneten Gefässe eindringe (*εις τα παρανοιχθεντα των αγγειων*). Da hierauf die natürliche Wärme durch ihren Trieb nach aussen die Luft allmählig wieder herauspresse, so erfolge das Ausatmen, und da sie durch die Rückkehr ins Innere der Luft von neuem den Zugang gestatte, das Einatmen. Beim Erwachsenen aber komme die Exspiration dadurch zustande, dass das Blut nach der Oberfläche (*προς την επιφανειαν*) trete und

---

[1]) Haeser I. pag. 82.

[2]) Aristoteles, *περι ζωων ιστοριαι* lib. I cap. XI.

[3]) *περι αναπνοης* cap. VII.

[4]) Plutarchi de placitis philosophorum lib. IV cap. XXII.

dadurch die Luft zur Nase heraustreibe, während die Inspiration darin bestehe, dass die Luft nach Rückkehr des Blutes in die leergelassenen Räume wieder eindringen könne. Soweit Plutarchs Bericht, der noch anführt, Empedocles berufe sich zur Erläuterung des oben Gesagten auf die Wasseruhr. Denselben Bericht über die Atmung des Erwachsenen gibt auch Aristoteles, jedoch genauer. Danach gibt es Gefässe (φλεβες), welche zwar Blut enthalten, jedoch nicht völlig damit angefüllt sind. Diese Gefässe enthalten Poren (ποροι, eigentl. Gänge), welche kleiner sind als die Körperteilchen, aber grösser als die Luftteilchen, und sich bis zur äusseren Luft erstrecken. Das Blut aber, welches von Natur aus die Eigenschaft hat, auf- und abbewegt zu werden, presst beim Aufsteigen die Luft heraus, es entsteht die Exspiration, während beim Zurückfliessen des Blutes die Luft wieder einzudringen vermag und so die Inspiration zustande kommt. Ueber den ersten Abschnitt bei Plutarch, welcher von der Atmung bei Neugeborenen handelt, sagt Aristoteles nichts. Wie ersichtlich geht aus diesen Angaben nicht hervor, wie der Zusammenhang des ersten Atemzuges mit der Fortsetzung des Atmungsprozesses gedacht ist. Da sich auch nirgendwo Angaben darüber finden, ob und welche Beziehungen des Blutes zur natürlichen Wärme angenommen werden, so ist dieser Punkt auch nicht weiter aufzuklären. Auch über den Weg, den die Feuchtigkeit beim Verlassen des neugeborenen Organismus nimmt, besteht Ungewissheit, ebenso über die Art und Weise des ursprünglichen Lufteintritts. Klar ist, wenigstens bei dem späteren, auf der Blutbewegung beruhenden Atmungsprozess, dass es sich ausschliesslich um eine „Haut-Gefässatmung“ handelt, wenn dieser Ausdruck gestattet ist; von einer Lungenatmung aber nirgendwo eine Spur. Es ist jedoch kaum wahrscheinlich, dass Empedocles die eigentliche Lungenatmung gar nicht inbetracht gezogen habe. Wir

werden vielmehr in Berücksichtigung des Umstandes, dass es sich doch immer nur um Bruchstücke handelt, in der Annahme nicht fehlgehen, dass die auf die Lungenatmung bezüglichen Kapitel verloren gegangen sind. Sind schon des Empedocles Ansichten über die Atmung mehr spekulativer als positiver, naturwissenschaftlicher Natur, so haben die Aeusserungen des Democritus aus Milet (460—361 v. Chr.) vollends nur die Bedeutung philosophischer Theoreme. Aristoteles hat sie uns in seinen Schriften *περι ἀναπνοης*[1]) und *περι ψυχης*[2]) aufbewahrt. Die Seele besteht nach Democrit, wie auch alles übrige, aus Atomen (*σωματα αδιαιρετα, απειρα, ατομα, ανομοια, απαθη και αποια*[3]). Die feinsten, feurigen, inneren Atome der Seele befinden sich im Kampf mit den Atomen der Luft, welche letztere die Seele herauszudrängen versuchen (*εκθλιβεσθαι*). In diesem Kampf findet die Seele Unterstützung durch die Atmung. Da nämlich in der Luft Gebilde vorhanden sind, die Democrit *νους* und *ψυχη* nennt, müssen diese zugleich mit der Luft bei der Inspiration eindringen. Hierdurch bringen sie der Seele Hülfe und verhindern, dass sie aus dem Körper herausgetrieben werde. Dieses ist wohl so zu verstehen, dass eine fortgesetzte Erneuerung der Seele, bezw. ihrer dem Anprall der äusseren Atome unterlegenen Teile, Atome, durch die inspiratorisch mit eindringenden *νους* und *ψυχη* gemeint ist.[4])

Ueber die Ansichten des Diogenes von Apollonia (um 450 v. Chr.) hinsichtlich der Atmung sind wieder nur ganz wenige Mitteilungen auf uns gekommen. Plutarch[5]) berichtet darüber, Diogenes glaube, die neugeborenen Wesen

---

[1]) III. cap. IV.
[2]) lib. I. cap. II.
[3]) Haeser I pag. 80.
[4]) cf. Ueber die Seele, übers. von Kreuz 1847. Seite 30 Anm. 1.
[5]) a. a. O. lib. V cap. XV.

seien zwar leblos, besässen jedoch eine gewisse Wärme (*γενναϑαι μεν τα βρεφη αψυχα, εν ϑερμασια δε*), und die natürliche Wärme ziehe die kalte Luft in die Lunge. Da die Luft die Mutter aller Dinge sei,[1]) so beginne das Leben der Neugeborenen erst durch den ersten Atemzug. Ueber die Ausbreitung der Luft im Körper, bezw. deren Bewegungsmöglichkeit im Körper gibt uns der im Kapitel „*πως υπνος γινεται και ϑανατος*“ [2]) des Plutarch enthaltene weitere Bericht Auskunft. Hiernach entsteht der Schlaf, wenn das durch den ganzen Körper verbreitete Blut die Adern (*φλεβες*) anfüllt und die in diesen befindliche Luft in die Brust und den Bauch treibt; der Tod hingegen tritt ein, wenn die luftartigen Teile ganz aus den Adern verschwinden. Bei Aristoteles[3]) geschieht des Diogenes mit Bezug auf die Atmung nur ganz kurz in jenem Abschnitt Erwähnung, in dem die Atmung der Fische behandelt wird. Danach enthält das Wasser Luft, und indem das Wasser durch die Kiemen strömt, entsteht im Munde ein Vacuum, infolgedessen die Fische die Luft aus dem in der Umgebung des Mundes befindlichen Wasser anziehen. An derselben Stelle und auch hinsichtlich der Atmung der Fische ist von Anaxagoras von Klazomenae die Rede. Auch dieser lässt die Fische Luft einatmen. Er verwirft jedoch das Vacuum ausdrücklich, erklärt vielmehr, während das Wasser durch die Kiemen ausströme, atmeten die Fische die Luft ein, die an Stelle des ausströmenden Wassers trete, denn ein Vacuum gebe es nicht. Näher auf diese durchaus fragmentarischen Mitteilungen einzugehen, scheint im Rahmen dieser Arbeit umso weniger geboten, als sie nur in äusserst geringem Grade dazu

---

[1]) Haeser I pag. 80.
[2]) a. a. O. lib. V cap. XXIV.
[3]) *περι αναπνοης* cap. II.

beitragen können, das Bild von der Entwicklung der Atmungslehre zu vervollständigen.

Wir gehen vielmehr gleich zur Darstellung der Ansichten über, welche die Aerzte jener Zeit im Gegensatz zu den eben behandelten Naturphilosophen betreffs der Atmung hatten. Hierher gehört also die vorhippokratische Medizin und die Medizin der sog. hippokratischen Sammlung. Ueber die Medizin der erstgenannten Epoche hat der erst 1891 nach London gebrachte Papyrus 137 des Britischen Museums (Papyrus Kenyon-Diels) [1]] in mancher Hinsicht Aufschluss gebracht. Leider ist die Ausbeute auf dem Gebiet der Atmungsphysiologie nur relativ gering. Wir erfahren, dass das Pneuma, dessen Aufnahme neben der Nahrung für unbedingt erforderlich gehalten wurde und das bei der Inspiration kalt und trocken, bei der Expiration warm und feucht war, in Lunge, Herz und Magen dringen, von dort in die Arterien gelangen und von hier entweder, und zwar zum kleineren Teil, durch die Poren des Körpers wieder nach aussen treten, oder aber, und zwar zum grösseren Teil, durch Mund und Nase wieder ausgeatmet werden sollte. Wichtig ist die Ansicht des Anonymus, dass das Pneuma sowohl an den Körper gewisse Bestandteile abgebe, als mit Bestandteilen des Körpers selbst beladen expiriert werde. Durch diesen ganzen Vorgang sollte die Abkühlung der allzugrossen Herzhitze bezweckt werden, welche, nicht abgekühlt und allzu verdichtet, den Körper verbrennen würde.

Nicht viel umfangreicher sind auch die Kenntnisse der Ansichten des Hippokrates oder vielmehr der hippokratischen Sammlung über die Atmung. Denn bei der Unsicherheit, welche bezüglich der Echtheit der einzelnen Bücher besteht, lässt sich nicht mit Bestimmtheit sagen, welches die persön-

---

[1]) Anonymus Londinensis, Deutsche Ausgabe von Beckh und Spät, cap. XXVI, § 3.

liche Anschauung der grossen Koers gewesen ist; und so klar und praktisch noch heute in vieler Hinsicht die Beobachtungen und klinischen Vorschriften der Sammlung zum Teil sind, so schwer ist es, sich eine klare Vorstellung von der Atmungsphysiologie der Hippokratiker zu machen. Nach den hierfür hauptsächlich in Betracht kommenden Abhandlungen „das Herz“ und „die Natur des Menschen“ [1]) wird etwa Folgendes der Hippokratischen Anschauung entsprechen. Die Luft, beziehungsweise das in ihr enthaltene Pneuma, „durch dessen Einziehung wir leben“ [2]), dringt durch Mund und Rachen in zwei, an letzterem beginnende *αρτηριαι* [3]), um durch diese in die Lunge zu gelangen, welche durch die eindringende Luft abgekühlt, und so befähigt wird, vermöge ihrer Lage ringsum das Herz die Hitze in diesem zu lindern. Die hauptsächlichste Hitze des Herzens hat ihren Sitz im linken Ventrikel und so ist es klar dass auch der grösste Teil der Luft durch „Aederchen“, die Venae pulmonales, in den linken Ventrikel dringt, während die durch die Pulmonalarterie, — es wird nur eine angenommen, — in den rechten Ventrikel einströmende Luftmenge entsprechend der hier herrschenden geringeren Wärme eine kleinere ist. Veranlasst wird dieses Einströmen der Luft einesteils durch die dem Herzen innewohnende Anziehungskraft, *ολκη*, wie diese auch anderen Hohlorganen, z. B. Blase und Uterus zukommt. [4]) anderesteils durch die Thätigkeit der Herzohren, welche wie Blasebälge wirken sollen. Während aber diese beiden Motive der Inspiration mehr unwillkürlich gedacht zu sein scheinen, würden Worte wie „solange er, (der Mensch) noch imstande

---

[1]) Hippokrates sämtl. Werke ins Deutsche übersetzt von Dr. Robert Fuchs, Band I pag. 146 seq. u. 189 seq.

[2]) Die Natur des Menschen cap. X.

[3]) Jede nicht mit Blut gefüllte Röhre, hier die Bronchien.

[4]) Die alte Medizin cap. XXII Anm. 37.

ist, Luft an sich zu ziehen und wieder von sich zu stossen,“ [1]) dafür sprechen, dass auch eine willkürliche Atmungsthätigkeit angenommen wurde.

Die Naturphilosophie der nachhippokratischen Zeit zerfällt wesentlich in zwei Richtungen, den Idealismus, vertreten durch Plato und den Realismus, mit Aristoteles als hauptsächlichstem Repräsentanten. Was zunächst die platonische Auffassung der Atmung betrifft, so findet sich das hierauf bezügliche vielfach zerstreut im „Timaeus.“ [2]) Dass die dort im Dialog von Kritias geäusserten Ansichten wirklich denen Platos entsprochen haben, ist neben anderen Gründen daraus zu schliessen, dass im Dialog Sokrates besonders betont, „Kritias sei durch seine Forschungen über die ganze Natur besonders dazu berufen, alles klarzulegen von der Entstehung des Weltalls bis zur natürlichen Beschaffenheit des Menschen.“ Demgemäss ergiebt sich, die zerstreuten Bemerkungen des Kritias zusammengefasst, als Platos Anschauung folgendes: Die aus Feuer und Luft gebildete Lunge ist mit ihren aus „Luft“ bestehenden Adnexen, Speise- und Luftröhre, sowie mit den sie ganz durchsetzenden Kanälen das eigentliche Organ der Atmung, welche zwei wesentliche Aufgaben zu erfüllen hat. Erstens bewirkt sie, dass das Feuer die Nahrung zerlegt und im Körper verteilt, zweitens kühlt sie die Körperwärme ab. Dazu kommt dann noch als Nebenaufgabe, dass die Lunge als „Polster“ für das in der Exaltation stark klopfende Herz dient. Die Atmung beginnt durch Austritt von Wärme infolge Anziehung der Aussenwärme. Der Luft Ein- und Austritt erfolgt in der Weise, dass je ein Luftaustritt durch den Mund mit einem Lufteintritt durch die Poren korrespondiert. Hier fällt vor allem ein Irrtum auf, der bei keinem Autor wiederkehrt, und der fast un-

[1]) Die Natur des Menschen cap. V.

[2]) Timaeus, übers. von Wagner. Berlin 1841.

begreiflich ist, wenn man bedenkt, dass der infrage kommende Vorgang augenscheinlich ist; gemeint ist die Wechselbeziehung zwischen Inspiration und Exspiration, beziehungsweise das Fehlen derselben bei Plato, da ja mit der Lungenexpiration in unserem Sinne, also einer Mundexpiration des Plato eine Hautinspiration zusammenfällt und umgekehrt. Ferner ist der Begriff der Körperwärme ein ganz schwankender, bald ist das Feuer im Körper fixiert, oder doch nur in diesem beweglich, bald soll die Atmung damit beginnen, dass die Wärme den Körper verlässt; bald heisst es, der Atem sei das abkühlende Moment, bald die Luft, dann mit, dann ohne Beteiligung der Getränke, welche nach einzelnen Stellen auch in die Lunge aufgenommen werden sollen. Sehen wir also auch von den bei allen alten Autoren wiederkehrenden Fehlern in der Anatomie der Atmungsorgane, in dem physiologischen Zweck der Atmung, usw. ab, so bleibt doch noch eine solche Menge an Unklarem, Ungereimtem, sich Widersprechendem übrig, dass Haesers Urteil[1]) über das ganze physiologisch-pathologische System Platos, wenn man so sagen darf, speziell auch auf seine Atmungsphysiologie Anwendung finden, und dieselbe laienhaft, philosophisch-spekulativ und nicht naturwissenschaftlich-medizinisch genannt werden muss. Ganz anders bei Aristoteles. Und wenn er auch nie menschliche Anatomie getrieben hat[2]) und seine Angaben über die Lebensvorgänge sich ausschliesslich auf die „Lebendiggebärenden, *τα ζωοτοκα*", beziehen, so ist es doch unschwer möglich, aus den vielfachen Aeusserungen über die Atmung der Tiere, sich ein klares Bild von des Aristoteles Anschauungen über diese Lebensfunktion zu machen. Das Herz, als Prinzip der Wärme[3]), enthält das

[1]) Haeser I pag. 212.
[2]) Pagel, Geschichte der Medizin, S. 87.
[3]) B. Seite 267 Anm. 10.

seelische Feuer. Die Erhaltung dieser angeborenen Wärme ist Grundbedingung für die Erhaltung des Lebens. Tritt keine Abkühlung ein, so verzehrt die sich ansammelnde Wärme, also die stetig steigende Temperatur, schnell die Nahrung, bevor eine *αναθυμιασις*, exhalatio, stattfinden kann; mit anderen. Worten, die zu grosse Wärme zerstört nach Aristoteles die Normalwärme, „wie eine kleine Flamme, zu einer grösseren gestellt, in dieser aufgeht," das Prinzip des Lebens versagt den Dienst, die Wärme schmilzt durch sich selbst zusammen, *συντηκεται αυτο υφ αυτου*. Soll also die Normalwärme und damit das Leben erhalten bleiben, so ist eine Abkühlung nötig, gleichwie, sagt Aristoteles, einer suffocatorium, *πνιγος*, in dem Kohlen lange brennen sollen, oft geöffnet werden muss.[1]) Diese Aufgabe fällt der Atmung zu, die sich zur Erfüllung derselben der äusseren Luft bedient.[2]) Zum Verständnis der Art und Weise der Abkühlung, *καταψυξις*, müssen einige Bemerkungen zur aristotelischen Anatomie vorausgeschickt werden Die Luftröhre, *αρτηρια*, zu der die Luft sowohl durch Mund wie durch Nase gelangen kann, teilt sich vor ihrem Eintritt in die Lunge in zwei Teile, *αι αρτηριαι*[3]), die sich ihrerseits wiederum, und zwar zweiteilig, *διμερης ων*, in die *συριγγαι* teilen.[4]) Neben diesen Bronchialverästelungen laufen Gefässe her, die aus der *μεγαλη φλεβς*, der Vena cava (inferior, superior?) stammen, jedoch mit den Bronchialverästelungen weder anastomotisch, noch durch einfache Oeffnungen, Löcher, Poren verbunden sind.[5]) Die Lunge ist infolge dieser vielfach ver-

---

[1]) *Α. περι νεοτητος και γηρως, περι ζωης και θανατου* cap. V pag. 535.

[2]) B. Seite 147, 121, 253, 286 Anm. 3.
Α. περι αναπνοης cap. XVI pag. 547.

[3]) *Α ιστοριαι περι ζωων* cap. XVI pag. 14, *περι ζωωνμοριων* pag. 256.

[4]) B. S. 129, 289 Anm. 15.

[5]) *Α ιστοριαι περι ζωων* cap. XVII pag. 15, *περι αναπνοης* cap. XXI. pag. 550, B. S. 327, 328, C. 239.

ästelten und überall hin verbreiteten Gefässe sehr blutreich,[1]) im übrigen hat sie einen schwammigen, *σομφος*, Charakter.[2]) Ausser mit der Lunge steht die Luftröhre auch mit dem dreikammerigen Herzen in Verbindung, wie das ja der Zweck der Atmung erfordert. Diese Verbindung wird hergestellt durch fettreiche, knorpelige und faserige Bänder, die hohl sind.[3]) Vom Herzen wird das Blut zu den Venen geleitet, und dann in den verschiedenen Körperregionen vollständig verbraucht, ohne dass eine Rückleitung zum Herzen stattfände.[4]) Das Zwerchfell scheidet die Bauch- und Herzgegend,[5]) steht jedoch vermöge dieser Funktion nur indirekt in Beziehung zur Atmung, da die Aufgabe, die Aristoteles ihm zuweist, nur darin besteht, den Ursprung der empfindenden Seele unbeeinträchtigt und ungefährdet von dem von der Nahrung ausgehenden Dunst, *αναθυμιασις*, und der fremden Wärme, *επεισακτος*, zu erhalten.[6]) Was nun den Atmungsvorgang, der in Inspiration und Expiration zerfällt, selbst betrifft, so geht die Anregung dazu vom Herzen, oder vielmehr von einer Steigerung den seelischen Wärme in demselben aus. Aristoteles sagt wörtlich: *η δ'αναπνοη γινεται αυξανομενου του θερμου, εν ϕ η αρχη η θρεπτικη.*[7]) Die Wärme bedarf, als Prinzip der Nahrung, ganz besonders selbst der Nahrung; wenn sich also eine Steigerung der Wärme und damit ein grösserer Verbrauch von Nahrung geltend macht, so muss für Ersatz gesorgt werden.[8])

---

[1]) *A. ιστ. π. ζ.* cap. XVII pag. 16.
[2]) *A. περι ζ. μ.* pag. 263. B. S. 149.
[3]) *A. περι ζ. ιστ.* cap. XVII pag. 15.
[4]) *A. π. ζ. μ.* pag. 258. B. S. 137, 290 Anm. 22.
[5]) *A. π. ζ. μ.* pag. 268 B. S. 163.
[6]) *A. π. ζ. μ.* pag. 268, B. S. 163. *A. περι αναπνοης* cap. II pag. 537.
[7]) *περι αναπνοης* cap. XXI p. 550, B. S. 327.
[8]) *περι νεοτητος και γηρως* cap. V pag. 535, D. S. 298, *A περι αναπνοης* cap. XXI pag. 550. B. S. 327, 328.

Dieses geschieht folgendermassen. Die gesteigerte Wärme selbst bewirkt ein Heben des Herzens, als Sitz der Wärme, welches auch ein Heben der Brust nach sich zieht und es so der Luft ermöglicht, einzudringen und die Abkühlung zu bewerkstelligen. Wir hätten es demnach mit einem Vorgang ähnlich dem des Eindringens von Luft in einen Blasebalg zu tun, und Aristoteles selbst hat in der Tat sich mehrfach dieses Vergleiches bedient.[1]) Ist die Abkühlung erfolgt und das Herz also wieder herabgesunken, und fällt infolge dessen die Brust auch wieder zusammen, so wird naturgemäss die Luft auch wieder herausgepresst, die Expiration erfolgt.[2]) Der Weg der Luft in die Trachea kann durch Mund sowohl, wie Nase erfolgen. Doch ist die Nase keines der Atmungsorgane sensu strictiori, wie der Mund, und folgerichtig ist es auch nicht möglich, mit der Nasenatmung, wohl aber mit der Mundatmung allein auszukommen.[3]) Warum bei den *ζωοτικα* grade Luft das Geschäft der Abkühlung besorgt, wird auf folgende Weise erklärt[4]): Die Tiere, welche eine Lunge mit Blut haben, bedürfen teils einer schnellen Abkühlung wegen des geringen Gewichts des seelischen Feuers, teils einer Verbreitung nach allen Seiten im Innern wegen der Menge des Blutes und der Wärme. Dieses beides, Abkühlung und Verbreitung kann die Luft leicht bewirken, denn wegen ihrer feinen Beschaffenheit kann sie leicht überall hindringen und abkühlen.[5]) Zugleich mit dieser Abkühlung der seelischen Wärme im Herzen erfolgt auch eine Abkühlung des Blutes in der Lunge, da ja die *συριγγαι* jedesmal von Verästelungen der aus dem Herzen

---

[1]) ibidem.
[2]) ibidem.
[3]) *Α περι αναπνοης* cap. VII pag. 541.
[4]) ibidem cap. XV pag. 547, B. S. 321.
[5]) *περι αναπνοης* cap. XV pag. 547, B. S. 321.

stammenden μεγαλη φλεβς begleitet sind. Die ausgeatmete Luft hat höhere Temperatur als die eingeatmete, und das ist auch der Grund dafür, dass es unmöglich ist, in einer kleinen Menge Luft, oder längere Zeit in derselben Luft zu leben,[1]) da diese allmählig zu warm und damit zur Abkühlung untauglich werden würde. Werfen wir nun auf diese Lehre einige kritische Blicke, sowohl hinsichtlich des physiologischen Vorganges selbst als im Vergleich zur Platonischen Lehre von der Atmung, so ist gewiss ein grosser Fortschritt unverkennbar. Wenn auch die Wärme und ihre Abkühlung bei beiden eine Rolle spielt, so ist doch in der aristotelischen Atmungslehre nichts zu finden, was dem platonischen Hineinbringen philosophischer Begriffe wie Vernunft, Begierde, Leidenschaft und ihrer Beziehungen zu einander entspräche, ganz abgesehen von der Verquickung dieser philosophischen Begriffe mit dem physikalischen der Wärme. Neben diesem mehr negativen Vorzuge sind auch positive Fortschritte erkennbar. Der rein mechanische Vorgang des Eintretens der Luft in die Lunge und ihrer Entfernung aus derselben ist richtig erkannt, wie der Vergleich mit dem Blasebalg lehrt, wenn auch die Ursachen dieses Vorganges falsch angegeben sind. Auch hinsichtlich der Frage, ob beim Trinken Flüssigkeit in Trachea und Lunge gelangt, eine Frage, die nicht nur von den voraristotelischen Autoren, sondern auch noch viel später von Galen bejaht wurde, giebt er eine negierende, also richtige Antwort. Er betont ausdrücklich die Aufgabe der Epiglottis, Störungen, wie sie das Eindringen von Teilen fester und flüssiger Nahrungsmittel mit sich bringen, zu verhüten und verweist auf die Erscheinungen des Hustens, der Beklemmung und Erstickung, die bei trotzdem erfolgtem Eindringen sogleich ausgelöst werden.[2]) Auch die

[1]) ibidem cap. XVI pag. 548.

[2]) *A. π. ζ. μ.* cap. III pag. 257, B. S. 131.

Erscheinung, dass die wärmsten Tiere am intensivsten atmen ist richtig erkannt,[1]) allerdings werden bei der Erklärung dieses Vorganges Ursache und Wirkung verwechselt. Auch die Ansicht mancher Autoren, dass die inspirierte Luft zum Gehirn hinaufsteige, findet in Aristoteles keinen Anhänger. Neben den schon angeführten Mängeln bei Beurteilung der intensiveren Atmung der Warmblüter, sowie der Mechanik der Atmung vermissen wir natürlich als notwendige Folge der Unkenntnis des Kreislaufs[2]) irgend welche Mitteilung über die Einwirkung der Atmung auf das Blut in unserem Sinne, denn die von Aristoteles angenommene Abkühlung des in den Aesten der *μεγαλη φλεβς* in der Lunge vorhandenen Blutes durch die in den *συριγγαι* vorhandene bezw. bei der Inspiration eintretende Luft wird ja nicht durch direktes Eindringen der abkühlenden Luft oder deren Bestandteile in die Gefässe, sondern vielmehr nur durch den Contakt der beiden Gefässe erreicht. Ebensowenig findet sich irgendwo etwas von einer Beeinflussung der Atmung durch nervöse Reize, was bei dem Stande anatomischer Kenntnisse, bei welchem Nerven und Sehnen ständig verwechselt werden, nicht anders zu erwarten ist.

Der nächste Abschnitt der Geschichte unseres Themas betrifft die Zeit der Schule von Alexandrien und die in derselben hervorragenden Vertreter der Medicin, Herophilus und Erasistratus. Von des ersteren sehr zahlreichen und bedeutenden Werken sind nur spärliche Fragmente auf uns gekommen. Viele seiner unser Thema berührenden Ansichten hat uns jedoch Plutarch überliefert.[3]) Herophilus glaubt, die Lunge habe an und für sich die Fähigkeit, sich auszudehnen und zusammenzuziehen, man könne an ihr eine Diastole und eine Systole

---

[1]) *περι αναπνοης* cap. I pag. 537.

[2]) *A. π. ζ. μ.* cap. III pag. 258, B. S. 137, 290 Anm. 22.

[3]) a. a. O de placitis philosophorum lib IV cap. XII pag. 348, 349.

unterscheiden und eben dieser Fähigkeit bediene sie sich zur Atmung. Ihre Tätigkeit beginne mit einer Diastole, während der die äussere Luft in die Lunge einströme. Die nun folgende Systole bringe die Luft in den Brustraum, nicht etwa, wie man erwarten sollte, wieder nach aussen, das bewirke vielmehr eine zweite Systole, der aber noch eine zweite Diastole vorangehe zwecks Beförderung der Luft aus dem Brustraum wieder in die Lunge. Es giebt also nach Herophilus vier Phasen der aktiven Lungenbewegung, zwei diastolische und zwei systolische, die diastolischen dienen immer der Aufnahme der Luft in die Lunge, die systolischen bewirken immer den Austritt der Luft aus der Lunge. Unterstützt werden zwei der vier Phasen noch durch Bewegungen des Brustkorbes, nämlich eine Ausdehnung desselben, die synchron der ersten Systole ist, und mit dieser gemeinsam den völligen Austritt der Luft aus der Lunge in den Brustraum bewirkt und eine Zusammenziehung desselben, die zeitlich mit der zweiten Diastole verbunden ist, welch beide gemeinsam wieder den Austritt der Luft aus dem Brustraum in die Lunge hervorrufen. Welche Kräfte die Bewegung der Brust bewirken, darüber erhalten wir ebensowenig Auskunft, wie über den Zweck der Atmung sowie den späteren Weg der Luft oder des Pneumas im menschlichen Körper. Wesentlich verschieden hiervon sind die Anschauungen des Erasistratos. Von einem so äusserst complicierten Mechanismus der Dilatation und Contraktion finden wir keine Spur, allerdings, soweit die fragmentarischen Quellen reichen, auch keine neue von der der hippokratischen Schule im Wesentlichen abweichende Erklärung. Das Pneuma dringt von aussen her durch die Lunge und die Pulmonalvenen ins Herz. Von dort gelangte es in die Arterien, welche, wie zuerst Praxagoras nachweisen zu können glaubte, kein Blut enthalten,[1]) deren regelmässige

[1]) Galens Streitschrift gegen Erasistratos, Edit. Kühn IV. pag. 703 seq.

Füllung mit Pneuma vielmehr der eigentliche Zweck der Atmung ist, *επιπληρωσεως ενεκεν αρτηριων*[1]). Die Arterien bringen dann das Pneuma zu allen Körperteilen, die erst durch dieses die Funktionsfähigkeit bekommen.

Ein zweiter, vom Stamme der griechischen Heilkunde entsprossener Zweig ist die italische, beziehungsweise römische Medizin. Von Asclepiades, welcher im 1. Jahrhundert v. Chr. der griechischen Medizin in Rom Eingang verschaffte, hat nur Plutarch in der schon mehrfach erwähnten Schrift „de placitis philosophorum“ Einiges aus seinen Anschauungen über die Atmung aufbewahrt. Dasselbe liefert den Beweis, das Asclepiades auch in diesem Punkte völlig auf dem Boden der atomistischen Lehre Demokrits oder Epicurs stand. Gegen die in der Brust befindlichen feinen Teile (*η εν τω θωρακι λεπτομερεια*) dringen die viel grösseren Teile der äusseren Luft an, werden aber wieder zurückgestossen, denn die Brust kann sie zwar nicht ganz entbehren, sie aber auch nicht länger behalten. Während des Eindringens der groben, *παχυμερης*, äusseren Luft wird fast die ganze Masse der feinen Teilchen herausgeschleudert, nur wenige derselben bleiben zurück, die ihrerseits wieder denselben Vorgang hervorrufen und so den permanenten Anstoss zur Fortsetzung der Atmung geben.[2]) Wohl zweifellos entsprechen die in der Brust befindlichen feinen Teile den uns schon bekannten[3]) feurigen Seelenatomen Demokrits, wie dieser ja auch die Atmung für einen Kampf der inneren Atome mit den äusseren hält. Von einem Ersatz der von den Luftatomen ausgetriebenen Feueratome durch die mit eingeatmeten *νους* und *ψυχη*, von denen Demokrit spricht, ist bei Asclepiades allerdings nicht die Rede, angenommen aber hat er ihn wohl sicher,

---

[1]) Galen *περι χρειας αναπνοης* IV pag. 471.
[2]) de placitis philosophorum lib IV. cap. XXII pag. 348.
[3]) cf. oben.

da ja ohne Ersatz von aussen in kürzester Zeit der Tod eintreten müsste, zumal von einem Ersatz von innnen auch nichts verlautet. Es stimmt dieses auch mit einer Stelle im Papyrus Menon überein, nach der Asclepiades die Erzeugung der Seele selbst für die Aufgabe der Atmung erklärte.[1]) Dagegen berichtet Plutarch an derselben Stelle noch von einer willkürlichen Atmung, *ν κατα προαιρεσιν ονα πνοη*, welche nach Asclepiades entstehen soll, wenn die feinsten Gänge der Lunge, *ποροι*, und die *βραγχια* (Kaltwasser übersetzt: Aeste, eigentlich Kiemen) der Luftröhre sich verengerten, denn dieses soll vom freien Willen abhängen. Was der Autor sich unter diesem Vorgang vorgestellt hat, vermögen wir nicht zu sagen.

Aus der Lehre des Asclepiades erwuchs die methodische Schule; von den zahlreichen Schriften ihrer Angehörigen ist jedoch fast nichts auf uns gekommen und das wenige Erhaltene ist im Hinblick auf unser Thema ohne Bedeutung.

Auch in der Schule der Eklektiker finden wir bei Athenaeus, Rüfus und Aretaeus einfach die bis dahin gangbarsten Anschauungen über die Atmung vertreten. Von Bedeutung sind sie für die Leistungen Galens geworden. Da eine Reihe seiner auf uns gekommenen Werke speziell die Atmungslehre behandelt, ist es möglich, seine Ansichten über diesen Teil der Physiologie einer ausführlicheren Darstellung zu unterziehen.

Die Atmung, die eine ruhige, *αβιαστος*, und eine forcierte, *ἑ βιαιως αναπνοη*, sein kann,[1]) hat zwei Aufgaben zu erfüllen, erstens die Erhaltung der Normalwärme, *της εμφυτου θερμασιας*, zweitens die Ernährung des Lebensgeistes, der abwechselnd, *ψυχικον πνευμα*, *ψυχη* oder *πνευμα* genannt wird. Die erste Aufgabe wird gelöst einmal durch die Inspiration, indem diese

---

[1]) *περι χρειας των εν ανθρωπου σωματι μοριων* K. III 595.

infolge der aufgenommenen Luft Erfrischung und Abkühlung bewirkt, wie auch durch die Expiration, welche die „russigen“ Bestandteile fortschafft. Der zweiten Aufgabe, der Ernährung des Lebensgeistes, dient nur die Inspiration.[1]) Ob für diese Aufgabe die Quantität oder die Qualität der Luft in Betracht komme, sagt Galen nicht ausdrücklich. Da er aber annimmt, dass die Menge der Expirationsluft gleich der der Inspirationsluft ist,[2]) so ist der Schluss möglich, dass er die Qualität der Luft für massgebend im Atmungsprozess hält. Welche Eigenschaft es sei, die die der Luft zugedachten Aufgaben löse, ist Galen unbekannt, er spricht jedoch, wie Haeser sagt, „mit einer glücklichen Ahnung die Hoffnung aus, dass es dereinst gelingen werde, den Bestandteil der Luft zu entdecken, welcher das Pneuma bildet, auf dessen Gegenwart ebenso der Vorgang des Verbrennens als des tierischen Lebens beruht.“[3]) Da nun das Herz der Sitz der eingeborenen Wärme ist[4]) und von ihm auch die Verteilung von Blut und Pneuma durch den Körper vorgenommen wird,[5]) so ist es natürlich erforderlich, dass die Luft, um ihre Aufgabe zu lösen, in das Herz eintrete. Hierbei ist der Weg folgender: Durch den Mund — durch die Nase steigt ein kleiner Teil der Luft zum Gehirn empor[6]) — gelangt der grösste Teil der Luft in die *τραχεια αρτηρια* und von dort in die Lunge. Diese ist die Vermittlungsstelle für die Luft auf ihrem Wege von der Luftröhre zum Herzen,[7]) sie ist ein Zubereitungsort für die Luft, ohne den es nicht möglich wäre, durch rauchige, staubige, giftige, *φαρμακωδη*, durch ver-

---

[1]) *περι χρειας αναπνοης* cap. II pag. 470 seq.
[2]) Ibidem.
[3]) Haeser I pag. 360.
[4]) *περι ανατομικων εγχειρησεως* lib. VII cap. II pag. 615.
[5]) *περι των Ιπποκρατου και Πλατωνος δογματων* cap. V pag. 551.
[6]) *περι των της αναπνοης αιτιων* cap. IV pag. 465 seq.
[7]) *περι χρειας μοριων* lib. VII cap. III pag. 536.

weste Tiere verpestete Luft zu gehen.[1]) Sie ist ein Apparat zum Kochen der Luft, *εις πεψιν αερος ενδεικνυμενη*, denn diese kann nicht sofort als Nahrung für das Pneuma dienen, sondern sie muss langsam und allmählig die Eigenschaften hierzu annehmen.[2]) Diese erste Bearbeitung der Luft besorgt das Fleisch der Lunge, *εν τη σαρκι του πνευμονος*,[3]) welches nach Erasistratos Vorgang *παρεγχυμα* genannt wird.[4]) Ausserdem bildet die Lunge noch eine *στοιβη πληρουσα*, ein Polster, ein *ερεισμα*, eine Stütze, und ein *ερυμα*, eine Schutzwehr für die Verzweigungen der Gefässe.[5]) Von der Lunge geht dann die so vorbereitete und verarbeitete Luft durch die „Arteria venosa" ins Herz. Für diese Aufgabe ist das Gefäss ganz besonders gebaut, indem es, obwohl Arterie, eine dünne, leichte, mehr venöse Struktur besitzt, um durch weite Dilatation möglichst viel Luft aufnehmen und durch leichte Kontraktion dieselbe möglichst vollständig wieder ausstossen zu können.[6]) Die Arteria venosa führt in den linken Ventrikel, welcher im Gegensatz zum rechten, der *κοιλια αιματικη*, der pneumatische, *κοιλια πνευματικη*, heisst.[7]) An der eben genannten Tätigkeit der Lunge beteiligen sich jedoch von den fünf Lungenlappen nur vier. Der fünfte, rechts gelegene, hat keine Beziehung zum Atmungsgeschäft, er ist vielmehr als weiches Polster, das unter dem Gefäss liegt, ein Schutzorgan, *ἐδρα*, *υποστορεσμα*, für die vena cava.[8]) Ernährt wird die Lunge aus dem Herzen durch die „Vena arteriosa"; dieses Nährblut für die Lunge ist aber nicht gleich dem andern

---

[1]) Ibidem lib. VI K III pag. 412 seq.
[2]) *περι χρειας μοριων* lib. VII cap, III pag. 539, 540.
[3]) Ibidem pag. 540, 541.
[4]) *περι ανατομικων εγχειρησεως* lib. VII pag. 589 seq.
[5]) Ibidem lib VII K II pag. 536.
[6]) *περι χρειας μορίων* lib. VI cap. III pag. 412 seq.
[7]) Ibidem lib. VI K III pag. 436.
[8]) Ibidem pag. 321.

Blut, sondern es ist, der lufthaltigen Beschaffenheit der Lunge entsprechend, dünn und luftig, *λεπτος και ατμωδεστερος*; wie denn auch die Struktur des Gefässes, trotz seiner Zugehörigkeit zu den Venen, eine arterielle ist.[1]) Ausser auf diesem Wege bringt aber auch die Arteria venosa Blut zur Lunge, damit diese möglichst viel reine Nahrung erhält. Dieses Blut ist entsprechend seiner Herkunft aus dem pneumatischen Ventrikel naturgemäss dünn und luftig.[2]) Im Herzen also erfüllt dann die Luft ihre Aufgabe der Abkühlung der eingeborenen Wärme und der Ernährung des Pneuma. Dieses selbst nimmt weiter seinen Weg durch den ganzen Körper auf der Bahn der Arterien; diese enthalten neben dem Pneuma auch Blut, welches durch die Herzscheidewand hindurch vom rechten in den linken Ventrikel treten kann, wie umgekehrt das Pneuma,[3]) nur dass im linken Ventrikel das Pneuma, im rechten das Blut vorherrscht, und ebenso, wie die Arterien neben dem Pneuma Blut, allerdings *λεπτον*, *καταρον*, *ατμωδην*, enthalten, ist in den Venen neben Blut auch Pneuma enthalten, obzwar wenig, *ολιγον*, *ομιχλωδεν*.[4]) Nachdem dann die Luft ihrer Aufgabe genügt hat, tritt sie auf demselben Wege wieder nach aussen und zwar, wie schon bemerkt in derselben Quantität, allerdings beladen mit Russ, *λιγνος*. Ueber die Ursachen der Luftbewegung in die Lunge und das Herz und wieder zurück hat Galen folgende Anschauung: Die Lunge hat an sich keine Bewegungsfähigkeit, folgt vielmehr dem Thorax in allen seinen Bewegungen.[5]) Diese Bewegungen des durch Knochen in einzelne Abschnitte geteilten Thorax, Dilatation und Kontraktion, werden hervorgerufen durch Muskel-

---

[1]) *περι χρειας μορίων* lib. VI cap. III pag. 450 seq.
[2]) Ibidem pag. 544.
[3]) Ibidem pag. 496.
[4]) Ibidem pag. 491.
[5]) Ibidem pag. 448.

tätigkeit,[1]) indem primär die Rippen, welche mit der Wirbelsäule durch zwei Gelenke, das obere mit dem Wirbelkörper, das untere mit dem schrägen Fortsatz, verbunden[2]) sind, bewegt werden. Die für diese Bewegung in Betracht kommenden Muskeln sind folgende: eigentliche Intercostales, beiderseits 11 = 22; zur ersten Rippe gehörige Muskeln, beiderseits 1 = 2; zur letzten Rippe gehörige Muskeln, beiderseits 1 = 2; zu beiden Seiten des Halses herablaufende Muskeln (scaleni?), beiderseits 3 = 6; neben dem Rückgrat herablaufende (levatores costarum?), beiderseits 7 = 14; Abdominalmuskeln, beiderseits 4 = 8, sodass mit dem Zwerchfell[3]) eine Summe von 55 Muskeln für die Dienste der Atmungstätigkeit sich ergäbe. Die Muskeln treten verschieden in Tätigkeit, je nachdem die Atmung eine ruhige oder forcierte ist. Im allgemeinen pflegt das Zwerchfell der ruhigen Inspiration zu dienen, während sie forciert wird durch die Intercostales interni, wie es z. B. vorkommt im Fieber, bei grossen Anstrengungen, bei grosser Hitze der Luft.[4]) Für die ruhige Expiration giebt es keinen besonderen Muskel, „das ist Sache des Thorax," *της μεν γαρ εκπνοης ουδεις εστιν ολως δημιουργος μυς, αλλ'εοικα τουτ'εργον του θωρακος.*[5]) Die angestrengte Expiration ist Aufgabe der Abdominales und Intercostales externi.[6]) Kann das Zwerchfell auch mit Hülfe der Intercostales interni die verlangte Kraft zu einer äusserst forcierten Inspiration nicht leisten, so treten die Scaleni und Levatores costarum in Funktion, die besonders die obere Partie des Thorax heben.[7]) Ausser diesen Muskeln

---

[1]) *περι των της αναπνοης αιτιων* cap. IV pag. 465 seq.
[2]) *περι χρειας μορίων* lib. VIII cap. III pag. 654.
[3]) *περι των της αναπνοης αιτιων* cap. IV pag. 465 seq.
[4]) *περι ανατομικων εγχειρησεως* lib. VIII cap. II pag. 676.
[5]) *περι μυων κινησεως* lib. II cap. IV pag. 459.
[6]) *περι των της αναπνοης αιτιων* cap. IV pag. 465 seq.
[7]) cf. Anm. 3.

werden noch *οι επι τον θωρακα καθηκοντες μυες απο των ωμοπλατων τε και του τραχηλου* erwähnt. Es ist jedoch nicht gesagt, ob diese der (forcierten) Inspiration oder Expiration dienen.[1]) Ueber die Innervation der Atmungsmuskulatur hat Galen vielfach experimentelle Untersuchungen angestellt und dabei folgendes gefunden: die Intercostales werden von Nerven versorgt, welche, von der Wirbelsäule kommend, quer zum Sternum verlaufen.[2]) Durchtrennt man diese Nerven bei völlig intakten Muskuli intercostales *πλην του νωτιαιου*, ausserhalb des Rückenmarks, so ist die Tätigkeit der genannten Muskeln sistiert. Dasselbe Resultat erreicht man durch Ligierung der Nerven; lag die Ligatur nicht zu fest, so kehrt die Funktion der Muskeln wieder zurück, allerdings zuweilen erst nach längerer Zeit. Bei diesen Versuchen ergab sich auch, dass nicht alle Intercostales von gleicher Bedeutung für die Atmung sind. Zunächst sind die den falschen Rippen angehörenden Intercostales weniger wirksam, als die der wahren Rippen. Aber auch im einzelnen sind sie nicht gleichwertig. Ligatur der ersten Intercostalnerven ist wenig bedeutend für den Fortgang der Atmung, die Unterbrechung der Tätigkeit der Muskeln im zweiten Intercostalraum ist schon deutlicher zu erkennen, um nach unten hin an Bedeutung stetig zuzunehmen bis zum 7. Intercostalnerv; von da ab tritt wieder eine Abnahme der Bedeutung der Intercostalmuskeln für die Atmung ein. Bei dem letzten Paar ist die Ligatur ohne irgendwelchen Erfolg, d. h. für das Gesamtbild, Galen sagt, sie sei *αμυδροτατης, ουδε φερειν αισθητην τινα βλαβην.*[3]) Durchschneidet man am Hals die zum Diaphragma gehenden Nerven, so wird dadurch die untere, *το κατω*, Thoraxpartie unbeweglich, während die Inter-

---

[1]) *περι μυων κινησεως* lib. II cap. V pag. 459.

[2]) *περι των της αναπνοης αιτιων* cap. IV pag. 465 seq.

[3]) *περι των ανατομικων εγχειρησεως* lib. VIII cap. II pag. 666 seq.

costales wirksam bleiben.[1]) Bei Durchtrennung des Rückenmarks zwischen erstem und zweitem Halswirbel tritt sofort der Tod ein, *διαφθειρεται παραχρημα το ζωον.* Erfolgt die Durchschneidung zwischen drittem und viertem Halswirbel, so steht die Atmung still, *απνουν γιγνεται το ζωον.* Durchtrennung nach dem sechsten Halswirbel hebt die Funktion der Brustmuskulatur auf, während Zwerchfell und Scaleni in ihrer Tätigkeit erhalten bleiben. Tiefere Durchtrennung lässt die meisten Atmungsmuskeln intakt.[2]) Legt man durch die entsprechenden Rückenmarksteile einen Längsschnitt in der Mittellinie, so treten keine Lähmungserscheinungen auf, die quere Durchtrennung nur einer Hälfte des Rückenmarks bewirkt Lähmung der betreffenden Partieen auf der gleichen Seite.[3]) Die so geschilderte Nerventätigkeit steht unter dem Einflusse des Willens, die Nerven sind gleichsam die Zügel, mit denen der Wille die Muskeln lenkt, *η μεν γαρ προαιρεσις εοικε τῳ κινουντι τας ἡνιας και τους ιππους αναβατῃ ταις δ'ηνιαις τα νευρα εοικασι, καθαπερ και ιπποις οι μυες.*[4]) Der durch die vorhergehend geschilderte Willens-Nerven-Muskeltätigkeit dilatierte Thorax bewirkt notwendigerweise auch eine Dilatation der Lunge, da diese ja, wie oben bereits erwähnt,[5]) dem Thorax in allen seinen Bewegungen folgt. Die Luft tritt also von aussen, wie in einen Blasebalg, in die Lunge ein[6]) und wird von dort in der Diastole vom Herzen angezogen und in den linken Ventrikel geführt.[7]) Durch das Zusammensinken des Thorax ist ebenso notwendig

---

[1]) *περι των ανατομικων εγχειρησεως* lib. III cap. II pag. 678.
[2]) Ibidem.
[3]) Ibidem pag. 684.
[4]) cf. S. 24.
[5]) cf. oben.
[6]) *περι χρειας μοριων* lib. VI cap. III pag. 412.
[7]) *περι των την αναπνοης αιτιων* cap, IV pag. 469.

der Austritt aus der Lunge die Folge.[1]) Neben der Lungenatmung besteht auch noch die Perspiration. Diese geht in der Weise vor sich, dass durch die Oeffnungen, die sich von den Arterien zur Haut hinziehen, die äussere Luft eintritt, um durch die Kontraktion der Arterien wieder herausbefördert zu werden. Die perspiratorische Inspiration hat die dreifache Aufgabe, einer *εμψυξις*. Abkühlung, *ριπισις*, Ventilation, und *γενεσις πνευματος ψυχικον*, Schaffung der Lebenskraft. Die Expiration hat den Zweck, den russig, *αιθαλωδες* und dampfig und dunstig, *καπνωδες* gewordenen Teil der Säfte, *πνμων*, wegzuschaffen.[2]) Ueberblicken wir nun die Galenische Lehre von der Atmung, so sehen wir zunächst, dass hinsichtlich der Aufgabe der Atmung keine Aenderung in den Anschauungen eingetreten ist, vielmehr die Abkühlung der im Herzen befindlichen eingeborenen Wärme nach wie vor als Zweck der Atmung angenommen wird. Der Weg, den die Luft nimmt, ist klar bezeichnet, aber doch ist noch manches durchaus unklar geblieben. Was in der Lunge eigentlich mit der eingeatmeten Luft geschieht, ist nirgendwo gesagt; auch die Erklärung, dass eine *πεψις*, eine Kochung, der Luft in der Lunge stattfinde, kann die Ungewissheit über den eigentlichen Vorgang nur steigern, wir haben ein Wort mehr, sonst nichts. Auch über die Eigenschaften der Luft, welche die *πεψις* nötig machen, verlautet nichts. Dagegen ist das Eindringen der Luft in die Lunge als rein mechanisch-physikalischer Vorgang richtig aufgefasst. Auch über die Muskeltätigkeit und Innervation bringt Galen infolge anatomischer Untersuchungen und Experimente manches Wichtige, während er gleich darauf wieder den Willen als ausschliessliche causa movens der Atmung bezeichnet. Wie vollends es möglich ist, dass die Arteria venosa zugleich Blut als Nahrung in die

---

[1]) *περι των Ιπποκρατους και Πλατωνος δογματων* cap. V. pag. 708.

[2]) Ibidem pag. 709.

Lunge und Luft von der Lunge ins Herz bringt, ist unerfindlich. Weder der grosse, noch, was im Hinblick auf unser Thema besonders wichtig ist, der kleine Kreislauf ist Galen bekannt; der erste kann deswegen nicht angenommen werden, weil sowohl der Arterien- wie der Venenstrom in derselben Richtung, nämlich centrifugal, fliesst und weil ferner ausdrücklich gesagt wird, die Anastomosen zwischen Venen und Arterien dienten nur dazu, den ersteren das in den letzteren vorhandene Pneuma mitzuteilen. Der kleine Kreislauf ist unbekannt, weil das Blut sowohl der Arteria venosa, wie der Vena arteriosa zur Ernährung der Lunge dient, das Nährblut auch an Ort und Stelle aufgezehrt wird, da ja nichts darüber verlautet, dass die beiden Gefässe mit einander in Verbindung treten. Der ausgesprochen teleologische Charakter der galenischen Wissenschaft tritt klar zu Tage bei der Erörterung der Mitral- und Tricuspidalklappe. Der Gedankengang ist folgender: Die Tricuspidalis braucht drei Klappen zum Schliessen. Da nun die Mitralis nur zwei Klappen hat, muss sie offen bleiben, um ständig der mit russigen Bestandteilen beladenen Expirationsluft zu ermöglichen. Manche Schlüsse werden nur seiner Theorie zu Liebe gezogen, obwohl die tägliche Erfahrung sie keineswegs bestätigt, sondern manchmal sogar das Gegenteil ergiebt, so z. B. die Greise hätten infolge ihrer geringeren inneren (Körper-) Wärme eine wesentlich herabgesetzte Atemfrequenz, oder auch die Atemfrequenz wachse mit der Aussentemperatur.

Neben Galen genoss in medizinischen sowohl wie in Laienkreisen das grosse Sammelwerk des Oribasius[1]), der den Byzantinern des IV. Jahrhunderts angehört, einen bedeutenden Ruf; da es jedoch hinsichtlich der Atmungslehre

[1]) Oeuvres d'Oribase, in Collection des médecins grecs et latins, publiée par le Docteur Ch. Daremberg.

nur Galenische Anschauungen enthält, muss hier die kurze Erwähnung des Namens genügen.

Die frühesten Erscheinungen litterarischer Tätigkeit auf dem Gebiete der Natur- und Heilkunde während des Mittelalters im Abendlande liefern die Kirchenväter, vor allem Lactantius Firmianus[1]). Sein Werk „De opificio Dei" enthält auch Bemerkungen über die Physiologie der Atmung. Originelles bietet es im allgemeinen nicht. Nur eins bedarf besonderer Erwähnung: er ist ein Gegner der Lehre von der Abkühlung. Nachdem er Varros Worte: „Anima est aer correptus ore, defervefactus in pulmone, temperatus in corde, diffusus in corpus" zitiert hat, bezeichnet er gleich darauf diese Aufstellungen Varros als „appertissime falsa". Im weiteren ergiebt sich jedoch, dass dieser scheinbare Fortschritt nur eine negative Erscheinung ist und Lactantius keineswegs das Fehlen eines Zusammenhanges zwischen Herzwärme und Atmung positiv behauptet hat, dasselbe noch viel weniger begründet, wie denn seine ganze Physiologie nicht auf anatomisch-naturwissenschaftlicher, sondern auf philosophisch-spekulativer Basis ruht. Die Lehre von der Atmung ist hauptsächlich gegründet auf den strikten Unterschied zwischen Leib und Seele und einen sich daran anschliessenden krassen Teleologismus. Die Seele nimmt ihre Nahrung als spiritus oder ventus vitalis durch die Nase und Luftröhre in das ihr zugehörige receptaculum, die Lunge auf, während der Mund zur Aufnahme der körperlichen Nahrung bestimmt ist und nur in Ausnahmefällen bei der Atmung mithelfend eintritt. Bemerkungen über Mechanik und Innervation der Atmung, über Beziehungen zwischen Blut und Atmung, über die Veränderungen der Luft in der Lunge fehlen.

---

[1]) Opera omnia, quae exstant, Biponti 1786.

Es folgt nun ein langer Zeitraum wissenschaftlicher Dürre, ohne Fortschritte in der Erkenntnis der Lebensvorgänge, speziell der Atmung. Galen beherrscht durchaus das Feld. Auch die arabische Medizin bildet hiervon keine Ausnahme. Neu ist nur, dass Avicenna[1]), der bedeutendste Vertreter der arabischen Medizin, die Intercostalmuskeln, interni sowohl wie externi in zwei Teile teilt, je nachdem sie dem Sternum oder der Wirbelsäule näher liegen, sodass jeder Intercostalraum 4 Muskeln enthält. Die Funktion der Intercostales erfährt gegenüber Galen keine Aenderung. Ebensowenig neues bieten die Scholastiker und der beginnende Humanismus. Der erste, der sich von dem Nachbeten Galenischer Anschauungen grundsätzlich emanzipierte, ist Vesal[2]) in der Beurteilung der Muskeltätigkeit bei der Atmung. Er führt den Begriff der „gravitas thoracis" ein, welche bei erschlafftem Zwerchfell allein die ruhige Exspiration hervorruft, während die ruhige Inspiration das Zwerchfell besorgt. Kräfte der forcierten Inspiration sind neben dem Zwerchfell die Musculi subclavius, serratus anticus major, serratus porticus superior und inferior, während durch die Tätigkeit der Intercostales externi und interni, des sacrolumbalis, ileocostalis, triangularis sterni und der Abdominalmuskeln eine forcierte Exspiration hervorgerufen wird. Auch Fabricius ab Aquapendente[3]) weicht hinsichtlich der Frage der Muskeltätigkeit bei der Atmung von Galen ab, zunächst darin, dass er die Intercostales externi erst bei der Inspiratio violenta, der zweiten der von ihm angenommenen Atmungsarten, in Tätigkeit treten lässt, während für die Inspiratio libera das Zwerchfell allein genügt und bei der Inspiratio

[1]) A Gerardo Cremonensi in Latinum conversus etc., Venetüs 1564

[2]) De corporis humani fabrica, Basileae 1543.

[3]) Fabricii opera omnia anatomica et physiologica, Lugdani Batavor. 1737. Cap.: De respiratione euisque instrumentis.

violentissima die übrige Hülfsmuskulatur mitarbeitet. Bedeutungsvoller ist jedoch die Art und Weise, wie er sich auf Grundlage eigentümlicher, anatomischer Anschauungen die Tätigkeit der Intercostales externi und interni erklärt. Ganz auffallend ist zunächst die hohe Zahl der Intercostalmuskeln, die Fabricius auf nicht weniger wie 68 angibt. Wie kommt er zu dieser hohen Zahl? Er unterscheidet Intercostales costarum und Intercostales cartilaginum. Letztere nimmt er aber nur bei den wahren Rippen an und da er auch bei ihnen externi und interni unterscheidet, so ergiebt sich allerdings die oben genannte erhebliche Zahl. Schon Avicenna hatte, wie wir sahen, eine Teilung der Intercostales angenommen, mit der ungefähren Grenze des Angulus costae, besondere Intercostales cartilaginum hat er nicht angenommen. Diese Trennung übt auch auf ihre Funktion, d. h. auf die Bewegung der Rippen insofern einen Einfluss aus, als Vesal sämtliche Intercostales, externi wie interni, costarum wie cartilaginum, der Exspiration dienlich machen will. Fabricius kommt auf derselben anatomischen Grundlage zu einem völlig anderen physiologischen Ergebnis. Er hält die Intercostales externi für Brusterweiterer, also Inspiratoren, die interni für Brustverengerer, also Exspiratoren. Ganz abgesehen nun davon, dass de facto die Intercostales externi gar nicht soweit nach dem Brustbein zu reichen, um besondere Intercostales externi cartilaginum bilden zu können, da ihre Insertion nur bis zum Beginn der Rippenknorpel sich erstreckt, so fragt es sich, wie kommt für die Intercostales cartilaginum, die doch dieselbe Faserrichtung haben, wie die Intercostales costarum, eine diesen entgegengesetzte Wirkung heraus. Weder Vesal noch Fabricius äussert sich dazu. Oder sollte dafür die veränderte Richtung des Knorpels Veranlassung gewesen sein? Diese ist aber bei den falschen Rippen am meisten ausgebildet, die ja keine Intercostales

cartilaginum haben. Es kann allerdings unter einer Voraussetzung durch Attraktion des oberen Rippenknorpels an den unteren eine Hebung des knöchernen Rippenteils stattfinden, vorausgesetzt nämlich, dass der Abknickungspunkt zwischen Knochen und Knorpel als Drehpunkt eines zweiarmigen Hebels betrachtet würde. Diese künstliche Konstruktion bei Fabricius anzunehmen, dafür spricht nichts, sodass es unentschieden bleiben muss, was Vesal und Fabricius zu ihrer Anschauung veranlasst hat. Eine Annahme bleibt jedoch auch noch übrig, nämlich, die Intercostales cartilaginum überhaupt nicht auf die Rippen, sondern auf das Sternum wirken zu lassen, welches sich ja nach ihrer Ansicht bei der Inspiration senken, bei der Exspiration heben soll. Wäre diese Ansicht richtig, so müsste consequenter Weise allerdings auch der Musculus rectus abdominis als auf das Sternum wirkend angenommen werden. Wie es möglich ist, dass trotz der Attraktion, welche die obere Rippe auf die untere ausübt, der Intercostalraum grösser wird, findet folgende Erklärung: die unteren Intercostalräume sind grösser als die oberen, folglich ist die Vergrösserung, welche der unter der attrahierten Rippe gelegene Intercostalraum erfährt, grösser als die Verkleinerung des darüber gelegenen Intercostalraumes. Es wird hier also gar keine Rücksicht darauf genommen, ob der dem tätigen Muskel selbst entsprechende Intercostalraum eine Vergrösserung erfährt, und Fabricius lässt es selbst als unbedeutend in der Schwebe, er sagt wörtlich: „Unde vel intercostalis musculus dilatet spatium costae, in quam inseritur, vel non, sed inferius latius fiat, semper inferiores costas sursum tractas, majorem thoracis cavitatem parare sequetur.“ Von den Bauchmuskeln wirkt allein der Transversus abdominis exspiratorisch durch die Bauchpresse, während die Obliqui vermöge ihres Zuges an den Rippen Exspiratoren sind, der Rectus abdominis durch Zug am Sternum Inspirator ist. Soweit

Fabricius Ansichten über die motorische Seite des Atmungsvorganges; alles andere, was er über den spiritus vitalis, seine Wirkung, seine Aufnahme in die Lunge, seine Veränderungen in derselben sagt, ist Galenische Medizin. Angefügt mag hier noch die Ansicht Fallopios über die Bedeutung der Intercostalmuskulatur sein, der die Intercostales für Ligamente erklärte, die die Rippen unter einander verbänden und der demgemäss nur die Scaleni für Rippenheber erklärte[1]).

Es dürfte geboten sein, an dieser Stelle einmal den damaligen Stand der Ansichten über die Atmungsvorgänge zu fixieren. Wir sehen dann, dass die Galenische Lehre, ganz spezifische Punkte ausgenommen, autoritativen Charakter behalten hat, so sehr, dass Fabricius z. B. als ersten Beweis für die Richtigkeit einer Behauptung sagen kann: „Primo, quia . . . . dicit Galenus[2])". Mit anderen Worten: die richtige mechanische Auffassung des Atmungsvorganges als beruhend auf Muskeltätigkeit mit durchaus passivem Eindringen der Luft in die Lunge ist anerkannt, wenn auch über die Tätigkeit der einzelnen Muskeln hierbei noch eine weitgehende Meinungsverschiedenheit herrscht. An der Lehre von dem calor innatus des Herzens und seiner Abkühlung durch die Atmung wird strikte festgehalten.

Der nächste Schritt auf dem Wege zur Erweiterung der Erkenntnis des Atmungvorganges bildet das Bekanntwerden des kleinen zunächst und dann auch des grossen Kreislaufes, welches der Vorläufer zur Erkenntnis des Chemismus und damit des eigentlichen Zwecks der Atmung ist.

Der erste, der Galens Anschauungen von den Beziehungen der vena arterialis und arteria venosa zu Herz und Lunge ent-

---

[1]) Fabricius, De respiratione, Cap. X.

[2]) ibidem, pag. 176.

gegentrat, war Serveto,[1]) denn Aranzio entdeckte zwar den ductus arteriosus Botalli zwischen arteria pulmonalis und aorta, schrieb ihm aber die Aufgabe zu, den Lungen arterielles Blut zuzuführen[2]) und Vesal überzeugte sich zwar von dem Fehlen einer Oeffnung in der Herzventrikelscheidewand, hielt aber merkwürdigerweise doch an Galens Ansicht fest, dass das Blut aus dem rechten in den linken Ventrikel durch Poren hindurchschwitze.[3]) Die eigentlich die Kenntnis des kleinen Kreislaufs beweisende Stelle findet sich in dem Werk „Christianismi restitutio“[4]) und lautet nach Haesers Citat: Fit autem communicatio haec non per parietem cordis medium, ut vulgo creditur, sed magno artificio a dextro cordis ventriculo, longo per pulmones ductu, agitatur sanguis subtilis. — Quod ita per pulmones fiat communicatio et praeparatio, docet coniunctio varia et communicatio venae arteriosae cum arteria venosa in pulmonibus. Das ist nicht mehr und nicht weniger, als eine praecise, positive Erklärung des kleinen Kreislaufs. Hier interessieren aber besonders im Hinblick auf unser Thema noch folgende Sätze: Item a pulmonibus ad cor non simplex aër, sed mixtus sanguine mittitur ad arteriam venosam. Ergo in pulmonibus fit mixtio. Flavus ille color a pulmonibus datur sanguini spirituoso, non a corde. Hier wird also die Vermischung von Blut und Luft schon in der Lunge, nicht erst im Herzen, ausgesprochen und gesagt, dass hierdurch die Farbveränderung des Blutes bedingt sei; mit anderen Worten, wir haben hier die erste Beobachtung über den eigentlichen Oxy-

---

[1]) Da Serveto, Colombo und Cesalpini im Text mir nicht zugänglich waren, folge ich Haeser, der in Band II pag. 245—250 seiner Geschichte der Medizin die entsprechenden Stellen wörtlich anführt.

[2]) Haeser II. pag. 52.

[3]) de corporis humani fabrica lib. VI cap. 15.

[4]) Siennae Allobrogum 1563, pag. 170, 171. (de trinitate divina).

dationsprozess des Blutes in den Lungen vor uns. Wahrlich ein Markstein in der Geschichte der Atmungslehre, mag diese Andeutung auch noch so verquickt sein mit der Lehre vom spiritus — (πνευμα der Alten), mag ihr auch alles zu einer chemischen Auffassung in unserem Sinne fehlen. Wie weit ja auch der Weg bis zur völligen Erkenntnis des Atmungvorganges noch war, das zu beurteilen genügt die Angabe, dass der grosse Kreislauf, ohne den eben der Atmungsprozess unaufgeklärt bleiben muss, Serveto völlig fremd war.

Unabhängig von Serveto (quod nemo hactenus animadvertit aut scriptum reliquit) sprach sich Realdo Colombo [1]) für den kleinen Kreislauf aus: sanguis per arteriosam venam ad pulmonem fertur ibique attenuatur. Deinde cum aëre una per arteriam venalem ad sinistrum cordis ventriculum defertur. Also in der arteria venalis ist Blut, welches aus der vena arterialis auf dem Wege durch die Lunge kommt. „Nichts würde," sagt Haeser, „nun näher gelegen haben, als den Inhalt des linken Vorhofes und Ventrikels ebenfalls für Blut zu erklären." Hier aber scheiterte Colombo an dem auch ihn beherrschenden Glauben an das Dogma von der Wiederbelebung des zur Ernährung des Körpers verwendeten Blutes durch spiritus vitalis im Herzen. In der Tat, er bezeichnet weiterhin die praeparatio et paene generatio vitalium spirituum als die Aufgabe der Lunge, die sie in der Weise erfüllt, dass durch ihre immerwährende Bewegung Luft und Blut in geeigneter Weise präpariert und innig vermischt werden.

Auch Cesalpini kennt den kleinen Kreislauf, wie folgende Stelle [2]) beweist: Huic sanguinis circulationi ex dextro cordis ventriculo per pulmones in sinistrum eiusdem ventriculum optime respondent ea, quae ex dissectione apparent. Dass aber

---

[1]) de re anatomica, Francof. 1593.

[2]) Quaestiones peripateticae.

auch er nicht eine genaue Einsicht in die Verhältnisse auch nur des kleinen Kreislaufs hatte, zeigt der Umstand, dass nach ihm das linke Herz zwar keinen spiritus vitalis, aber auch kein Blut, sondern ein drittes Medium, das substantia alimentum ignis, facultas aetherea genannt wird, enthält. Ein Fortschritt ist jedoch bei Cesalpini gegenüber Serveto und Colombo auch an dieser Stelle zu konstatieren, wenn auch seine Wirkung auf die Beurteilung der Atmungsvorgänge fehlt. Cesalpini hat die Lehrmeinung von sich abgeschüttelt, dass die Leber das blutbildende Organ sei, ein Fundamentalfehler, welcher von Galen bis auf ihn, Cesalpini selbst, ein richtiges Erkennen des Blutkreislaufs unmöglich gemacht hatte.

Durch diese drei Männer war also der Weg gebahnt zur Entdeckung Harveys, der erfolgreichsten, die je auf dem Gebiete der Physiologie gemacht ist, einer Entdeckung, zu deren wesentlichsten Folgen auch die richtige Erkenntnis des Atmungsprozesses gehörte. Es ist hier nicht der Ort, den Gang der Beweisführung Harveys darzustellen, es mag für unsern Zweck genügen, die Worte, die gleichsam das Resumé seiner Schrift bilden, hier anzuführen. Sie finden sich im Kapitel 14 der Hauptschrift: „de motu cordis et sanguinis in animalibus[1]) und lauten: „Cum haec confirmata sint omnia et rationibus et ocularibus experimentis, quod sanguis per pulmones et cor pulsu ventriculorum pertranseat et in universum corpus impellatur et immittatur et ibi in venas et porositates carnis obrepat et per ipsas venas undique de circumferentia ad centrum ab exiguis venis in majores remeet, et illinc in venam cavam, ad auriculam cordis tandem veniat, et tanta copia, tanto fluxu refluxu, huic per arterias illae, et illinc per venas huc retro, ut assumptis suppeditare non possit atque multo quidem majori (quam suffi-

[1]) Lugdani Batavorum 1737, pag. 81.

cicns erat nutritioni) proventu, necessarium est concludere circulari quodam motu, in circuitu agitari in animalibus sanguinem et esse in perpetuo motu et hanc esse actionem sive functionem cordis, quam pulsu peragit et omnino motus et pulsus cordis causam unam esse. Man sieht, diese Stelle enthält durchaus nichts physiologisches, speziell auf die Atmungslehre bezügliches, und wir suchen derartiges auch in der ganzen übrigen Schrift vergeblich, wie sie denn auch eine „exercitatio anatomica“ ist. Die Frage der Art der Verbindung zwischen Arterien und Venen, die ja für den Atmungsprozess äusserst wichtig ist, löst Harvey nicht; er weiss zwar, dass der Bau der letzten Arterien- und Venenverästelungen gleich ist, (in ultimis vero dissemi nationibus ipsarum . . . . . ita constitutione similes sund, at oculari tunicarum inspectione alterum ab altero internoscere difficile sit),[1]) er neigt jedoch der Ansicht zu, dass Gewebslücken, die schon erwähnten carnis porositates, die Vermittung zwischen dem Arterienaustritt und dem Venenеintritt des Blutes übernehmen. Während also die Hauptschrift nichts direkt die Atmungslehre betreffendes enthält, klärt eine an sich nebensächliche Bemerkung, welche in der ersten der beiden an Riolan gerichteten Zusatzschriften zum Hauptwerk „de circulatione sanguinis“ enthalten ist, uns hierüber wenigstens einigermassen auf. Es heisst dort: Ut aer enim inspiratus sanguinis nimium fervorem in pulmonibus et centro, temperat, fuliginumque suffocantium eventilationem procurat etc.[2]) Die Stelle ist äusserst interessant. Auf der einen Seite die fundamentale, die ganze Physiologie begründende Entdeckung des grossen Kreislaufs, auf der anderen Seite der fervor sanguinis, der an Stelle des alten calor innatus getreten ist. Das Prinzip der Abkühlung bleibt also bestehen,

[1]) a. a. O., pag. 101.

[2]) cf. Haeser II. pag. 272.

wenn diese jetzt auch nicht mehr im Herzen, sondern naturgemäss in der Lunge vor sich geht. Auch die alte fuligo, der πιγνυς Galens, fristet immer noch ihre Existenz, die Atmung schafft sie immer noch weg. Hier müssen die Stellen des Prooemiums der Hauptschrift zugezogen werden,[1]) wo gesagt wird, dass in den Lungen keine Luft ins Blut übertrete. Wie die Abkühlung also vor sich gehen soll, etwa nur durch Berührung der Gefässe mit der eingeatmeten Luft, oder sonstwie, ferner, was die fuligo sei, woher sie stamme, etwa aus dem Blut, wie sie weggeschafft werde, darüber erhalten wir dem anatomischen Charakter des Werks entsprechend, keine Auskunft.

Es ist begreiflich, dass eine Entdeckung, wie die Harveys zu einem fast fanatischen Streit der Meinungen führen musste. Es war Harvey vergönnt, selbst noch die allgemeine Anerkennung seiner Lehre zu erleben, deren allerdings erst neunzehn Jahre später erreichte Vollständigkeit die von Pecquet gemachte Entdeckung des Ductus thoracicus und seiner Einmündung in die Vena subclavia sinistra bildete, indem jetzt erst die Leber aufhörte, als das blutbildende Organ zu gelten Ihr war die Auffindung der Chylusgefässe durch Aselli vorausgegangen. Dass indessen auch die überzeugten Anhänger Harveys noch nicht von den Grundzügen der alten Atmungslehre, hauptsächlich der durch die Atmung bewirkten Abkühlung abgingen, beweisen unter anderen die von Cartesius[2]) in den Abhandlungen „de l'homme“ und „de la formation du foetus“ dargelegten Anschauungen. Im Herzen, genauer in den Poren des Herzfleisches, befindet sich nach Cartesius' Meinung eine Art von Feuer, das einmal als „feu sans lumière“ charakterisiert ist. Dieses Feuer wird ernährt durch das in

[1]) a. a. O., pag, 18, 19.

[2]) Oeuvres, Paris 1824, Band IV.

der Leber präparierte Blut. Da aber im rechten Ventrikel eine starke Erhitzung und damit Verdünnung dieses Blutes stattfindet, ist es zur Ernährung des Herzfeuers im linken Ventrikel ungeeignet, sodass eine Abkühlung und Kondensation nötig wird. Diese findet in der Lunge statt, wobei jedoch nicht klar ersichtlich ist, ob der Grund dieses Vorganges in der Temperatur des Lungengewebes (de l'homme S. 339) oder in der nachbarlichen Lage der Trachealverästelungen und Gefässverzweigungen (de la formation du foetus S. 447) gegeben ist. Auch darüber herrscht Unklarheit, ob die Veränderung des Blutes im rechten Ventrikel und in der Lunge in einer vollständigen Vergasung mit darauffolgender Wiederverflüssigung, oder nur in einer Verdünnung und Verdichtung besteht, da Descartes an einer Stelle von „le nouveau sang", an einer anderen Stelle aber von „les nouvelles vapeurs du sang" spricht. In das Gebiet der Atmungsphysiologie gehört auch die unter dem Namen des Cartesianischen Zirkels bekannte Theorie (de l'homme S. 356). Sie besagt, dass bei der Inspiration „les esprits animaux" in die Muskeln eindringen, bis die Häute der Mnskeln infolge Ueberfüllung der letzteren mit Lebensgeistern eine Kompression erleiden, die veranlasst, dass jetzt der Strom der Lebensgeister in die Antagonisten ihren Weg nimmt, hier dieselbe Wirkung hervorruft, und so fort. Zur Kritik dieser Theorie mag Haesers Wort genügen, das dergleichen als „spitzfindige Zutaten" zu den im allgemeinen naturgemässen Anschauungen über die Mechanik der Atmung bezeichnet.

Wenn wir oben sagten, das Harvey noch eine Ergänzung seiner Lehre durch die Pecquetsche Entdeckung erlebt habe, so blieb doch noch ein Punkt aufzuklären, über den Harvey nur Vermutungen geäussert hatte, nämlich die Frage der Verbindung zwischen Endarterien und Endvenen. Wie wir oben

sahen, hatte Harvey seine Zuflucht zu den „Porositates carnis“ genommen. Der Ruhm, diese Frage gelöst zu haben, gebührt Malpighi,[1]) wie er auch der Entdecker des eigentlichen Baues der Lunge ist. Da diese letztgenannte Entdeckung zeitlich der Entdeckung der Capillaren[2]) vorausgeht, so sei sie zuerst besprochen. Wegen der Wichtigkeit des Gegenstandes mögen Malpighis eigene Worte angeführt sein. Nachdem er sich gegen die Annahme einer fleischigen Lungensubstanz gewendet hat, fährt er fort: Diligenti enim indagine adiuvari totam pulmonum molem, quae vasis excurrentibus appenditur esse aggregatum, quid ex levissimis et tenuessimis membranis, quae extensae et sinuatae paene infinitas vesiculas orbiculares et sinuosas efforinant, veluti in apum pavis alveolis ab extensa cera in parietes conspicimus, hae talem habent situm et connexionen, ut a trachea in ipsas mox ex una in alteram patens sit aditus et tandem desinant in continentem membranam. In dieser Stelle wird gesagt, dass derjenige Teil der Lunge, der gleichsam ein Anhang der Gefässe bildet aus lauter kleinen, dünnwandigen Bläschen besteht, die alle unter einander und mit der Trachea in Verbindung stehen; sogar der Ausdruck „Alveole“ findet sich in dem Vergleich mit dem Bau der Bienen. Später sagt Malpighi denn noch, dass diese Bläschen nicht nur auf der Oberfläche der Lunge, sondern auch im Inneren derselben sich finden, sodass die ganze Substanz der Lunge aus solchen „vesiculae orbicales et sinuosae“ besteht. Die feinen Membranen selbst, welche die Bläschen bilden, sollen die Fortsetzungen der innersten Trachealwand sein. Auf den Bläschen sah Malpighi ein „mirabile rete“ ausgespannt, über

---

[1]) De pulmonibus epistola I, II in opera omnia Lugd. Bat. 1687, pag. 320—330.

[2]) Harvey gebraucht schon das Wort Capillaren, aber nur für die Endarterien: Adeo ultimae divisiones capillares arteriosae videantur venae.

dessen Bedeutung er sich im ersten Briefe nicht klar ist. Im zweiten Briefe jedoch heisst es: colligatur autem interius et exterius textura quadam vasorum, diversi modi propagatorum, quae ex pulsu contrario motu, et insertione venae et arteriae pulmonares sunt. Dass dieses aus den Verästelungen zweier Gefässe gebildete Netz dasselbe sei, welches er im ersten Brief fälschlich für Nervenverästelungen hielt, sagt Malpighi selbst und konstatiert, es sei jetzt erwiesen, dass sich das Blut ständig „per tubulos“ bewege und nie in „spatia“ sich ergiesse. Diese neuen Kenntnisse vom Bau der Lunge und dem Verhalten der Gefässe in ihr, bezw. in den Alveolen benutzte nun ihr Entdecker zu folgender Erklärung des Atmungsprozesses. Die Hauptaufgabe der Lunge ist die „sanguinariae molis misella“. Unter dieser „misella“ versteht er die feinste Verteilung und gleichzeitig innigste Mischung der an und für sich schon fein verteilten „pars subalba und subrubra“ des Blutes. Dieser Zustand feinster Verteilung und zugleich innigster Mischung hat nach Malpighi Aehnlichkeit mit einem Teig, bei dem auch Verteilung und Mischung gleich fein vorhanden sind. Wie der Teig so bedarf auch das Blut zur Erreichung dieses Zustandes eines intensiven Knetens, welches die Luft besorgt, denn durch ihren abwechselnden Eintritt in die Lungenbläschen und Austritt aus ihnen wird bald ein Druck auf die die Lungenbläschen umspannenden Gefässe ausgeübt, bald den Gefässen freier Raum gelassen. Dieser wechselnde Druck soll es sein, der die Blutmischung und die damit verbundene Blutauffrischung bewirkt. Das Charakteristische dieser Erklärung des Atmungsproblems ist die durchaus mechanische Grundlage, auf der sie beruht. Diese mechanische Auffassung der Lebensvorgänge ist das Merkmal der Jatromechaniker und Jatromathematiker, jener Schule, der auch Malpighi angehörte. Trotz der gemeinsamen Grundlage aber, von der aus sie die Lebensvorgänge

betrachteten, bieten sie in Einzelheiten sehr verschiedenes. So sagt z. B. Borelli[1]) der, einer der bedeutendsten Vertreter der iatrophysischen Schule die refrigeratio caloris cordis, die fuligines expellantes und die transfusio sanguinis a dextro ad sinistrum cordis ventriculum ausdrücklich ablehnt, auch, dass „respiratio et motus pulmonum sanguinis parvam et confusam mixturam dissolvent“ und die crasis et unio perfecta vorbereitet, und zwar geschieht dies durch die Luft bezw. in rein mechanischer Weise durch die „machinulae spirales, compressibiles et resilientes“ darstellenden kleinsten Luftteilchen. Hiermit ist einmal das allen Jatrophysikern gemeinsame mechanische Prinzip in der Erklärung der Atmung auch bei Borelli nachgewiesen, zugleich auch der erste Punkt der Verschiedenheit zwischen Borelli und Malpighi berührt. Borelli spricht nämlich von einer Vorbereitung, die durch die Atmung für die spätere crasis et unio stattfindet, während die Vermischung selbst bei Malpighi durch die Atmung bewirkt wird. Ein grösserer und bedeutsamerer Unterschied zwischen beiden Autoren besteht aber in der Art und Weise der Einwirkung der Luft. Wir sahen, dass Malpighi nur dadurch die Wirkung zustande kommen liess, dass die vesiculae und mit ihnen die sie umspannenden Capillaren mitsamt ihrem Inhalt durch die abwechselnd ein- und austretende Luft gleichsam geschüttelt und gestossen werden, die Mischung der Blutteilchen also ohne Eintritt von Luft selbst in die Gefässe zustande kommt. Borelli aber lässt die kleinsten Luftteilchen, eben die „machinulae spirales“ selbst in die Capillaren eintreten und so erst die crasis und unio perfecta zustande kommen, wie deutlich folgende Stelle beweist: „commistio aeris per respirationem intra sanguinem immissi, vitam ainmalium producit et conservat.“ Dieser

[1]) De motu animalium, Lugd. Bat. 1685. Pars II cap. VII pag 117 bis 164.

Eintritt von spirulae aereae in die Gefässe der Lunge kann nun nicht ohne weiteres stattfinden, wegen der Kleinheit der Poren der Gefässe. Hierzu ist vielmehr folgende complicierte Vorbereitung nötig. In allen „infractibus und vesiculis“ der Lunge ist stets „succus aqueus“ vorhanden. Dieser wird „a vento aeris inspirati“ erschüttert und gleichsam mit Luftteilchen imprägniert, um dann leicht durch die Poren in die Gefässe aufgenommen zu werden und die schon mehrfach genannte crasis et unio perfecta vorzubereiten. Hinsichtlich des Mechanismus der Atmung vertritt Borelli ebenfalls den mechanischen Standpunkt, dass die Inspiration die unmittelbare Folge der durch Muskeltätigkeit bewirkten Thoraxerweiterung sei, während die Expiration nur durch Zusammensinken des vorher erweiterten Thorax entstehe. (gravitas thoracis et vis aeris elastica). Was die Muskeltätigkeit anbetrifft, so dient das herabsteigende und sich abflachende Zwerchfell der ruhigen, Intercostales externi und interni der forcierten Inspiration, welche noch vom triangularis sterni unterstützt werden, während die Abdominales allein Hülfsmuskeln der Expiration sind. Alle anderen Hülfsmuskeln, inspiratorische, wie expiratorische werden verworfen. Wie ersichtlich, haben wir es schon wieder mit einer neuen, bisher nur von Berengario Carpi (1470—1530) geäusserten Anschauung über die Tätigkeit der Intercostalmuskulatur zu tun. Zwar sahen wir schon einmal, bei Vesal, die Gleichwirkung sämtlicher Intercostales, aber als Expiratoren und mit Annahme von Intercostales cartilaginum, während Borelli sie ohne Zwischenrippen-Knorpelmuskeln alle Inspiratoren sein lässt. Die Thätigkeit der Intercostalmuskulatur sucht Borelli mit Hülfe zahlreicher mathematischer Figuren zu beweisen und nichts ist so charakteristisch für ihn, als Jatromathematiker, als die Berechnung, dass die Leistung der Zwischenrippenmuskulatur einen Widerstand von 1068 Pfund überwinde.

Wir wissen heute, dass eine solche mechanische, übrigens in Leibnitz' Monadenlehre begründete Auffassung der Lebensvorgänge das Atmungsproblem der Lösung nicht entgegen zu führen vermochte. Diese zu finden war naturgemäss nur mit Hülfe der Chemie möglich. Und in der Tat bietet die den Jatromathematikern gleichzeitige Schule der Jatrochemiker schon frühzeitig solche Versuche. Hookes z. B. hatte festgestellt, dass durch Einblasen von Luft in die Lunge sterbender Tiere neben anderen Erscheinungen auch der Farbenwechsel des Blutes eine Zeit lang unterhalten werden könne. Auf dieses Experiment Hookes führt Lower[1]) nach seiner eigenen Aussage seine Anschauungen zurück und in ihnen haben wir den ersten Versuch vor uns, die Atmungsvorgänge chemisch zu erklären. Zuerst weist er nach, dass das Herz nicht der Ort sei, wo die Farbveränderungen des Blutes stattfänden; denn beide Herzhälften unterschieden sich nur durch die Stärke und Dicke ihrer Muskelfasern, warum also die arteria pulmonalis nicht auch helles Blut enthalte, sei nicht erkennbar. Auch sei bei unterbundener Trachea nicht nur in der arteria cervicalis, sondern auch im Aortenstamm und im linken Ventrikel dunkles Blut. Dann bespricht er Hookes' Experiment und fährt fort, indem er sagt, nicht die „comminutio" sondern die „aeris cum sanguine mixtio" sei die Ursache der Farbenveränderung, denn die comminutio" sei beispielsweise in den Muskeln mindestens ebenso stark, ohne jedoch die helle Farbe hervorzubringen. Ausserdem werde seine Behauptung durch die Tatsache bewiesen, dass sogar Blutkuchen beim Stehen an der Luft und das Blut beim Schlagen die helle rote Farbe annähmen. Dann endlich behauptet er, der „spiritus aeris nitrosus", also salpetrige Bestandteile der Luft seien die Erreger der purpurnen

---

[1]) Tractatus de corde etc. Amsterdam 1669.

„coccinei“ Blutfarbe. Offenbar bezieht sich Lower hier auf Bathurst und Henshaw,[1]) die schon 1654 erklärt hatten der „Grundstoff“ der Salpetersäure sei der in der atmosphärischen Luft wirksame Bestandteil. Die Frage, durch welche „meatus“ dieser salpetrige Teil der Luft in das Blut eindringen könne, beantwortet Lower nur mit dem Hinweis darauf, dass der „alter ille spiritus nitrosus, qui in nive sit“, gar durch Glas und Metall dringe, um wieviel leichter müsse dies bei den viel laxeren Gefässwänden sein. Zum Schlusse des infrage kommenden Kapitels sagt Lower dann noch, er habe die Beobachtung gemacht, dass man da, wo Feuer gut brenne, auch gut atmen könne. Leider lässt sich aus dieser Bemerkung nicht genau ersehen, ob wirklich der „spiritus aeris nitrosus“ oder die Luft im allgemeinen als der beide Vorgänge befördernde Stoff angenommen wird.

Ausführlicher ist schon Deleboe Sylvius[2]) in seiner chemischen Erklärung des Atmungsvorganges. Er geht davon aus, dass die Herzwärme, als Lebensquelle, einer ständigen Erneuerung bedürfe. Diese geschehe durch Zusammentreffen von „bilis amara“, alkalischer Galle, mit „lympha subacida“, saurer Lymphe, im rechten Ventrikel, jene mit dem „aufsteigenden“, diese mit dem „absteigenden“ Blute dorthin gelangend. Die Mischung bewirke ein Wärme produzierendes Aufbrausen, und diese Wärme müsse durch die Atmung abgekühlt werden. Auch hier vollzieht ein salpetriger Luftbestandteil, von Sylvius „Nitersalz“ genannt, diese Aufgabe, und zwar dadurch, dass es das im rechten Ventrikel „rareficierte“ Blut „kondensiert“ und zugleich die zu grosse Wärme mässigt. Die Exspiration dient dazu, die während des Aufbrausens ent-

---

[1]) Haeser II pag. 319.

[2]) Opera medica: Disputatio medica VII de respiratione usuque pulmonum 1695, pag. 30—35.

standenen Dämpfe wegzuführen. Sylvius ist Jatrochemiker! Gewiss, chemische Elemente spielen in dieser Erklärung eine Rolle, wieweit sie aber von einer wirklich chemischen entfernt ist, zeigt die Ueberlegung, dass die Rarefication nichts anderes ist, als eine feine Verteilung, also ein physikalischer Vorgang ebenso, wie die Kondensation durch das „Nitersalz". Auch Sylvius bringt, wie Lower, den Atmungsprozess in Beziehung zum Verbrennungsprozess. Aber man darf nicht erwarten, chemische, gleichsam innere Gründe für die behauptete Wechselbeziehung zwischen den beiden Vorgängen zu erfahren. Es werden rein äusserliche Momente angeführt, welche aufs schlagendste beweisen, dass dem Autor das Wesen des chemischen Vorganges auch nicht als Ahnung klar war, oder auch nur begann, klar zu werden; so z. B., wie starkes Feuer mehr Luft gebrauche als schwaches, so auch die energische Atmung im Vergleich zur ruhigen. Dass Sylvius in der Tat, trotz des chemischen Gewandes eine physikalische Erklärung gab, zeigen auch einzelne Stellen bei Swammerdam[1]), der ausdrücklich behauptet, Sylvius' Lehre darzustellen. Er nennt z. B. die effervescentia „motus" oder „agitatio" contraria praesertim sibi mutuo oppositarum (particularum). Damit aber nicht genug, behauptet er auch, dass nicht allein diese Bewegung der Galle und Lymphe gegeneinander die rareficatio bewirke, sondern es bedarf dazu noch einer „subtilen Materie", einer „tenuissima aeris pars", welche in der Brust stets vorhanden ist und leicht durch die Poren des Körpers dringt. Ihr Eintritt bewirkt eine noch intensivere Trennung der Teilchen, wie ihr Austritt die Kondensation befördert. Hier ist, wie man sieht, die physikalische Erklärung noch weiter ausgebildet und der chemische

---

[1]) Tractatus physico-anatomico-medicus de respiratione usuque pulmonum. Lugd. Bat. 1679.

Teil nur ein äusseres Gewand, das mit der Sache an und für sich so gut wie nichts zu tun hat.

Eine neue Epoche in der Kenntnis dieses Gegenstandes wird durch Mayow bezeichnet, den wichtigsten Vorläufer der antiphlogistischen Theorie[1]). Er verdient vor allem deshalb eine eingehendere Behandlung, weil er der erste ist, der die Lehre von den salpetrigen Luftbestandteilen und ihrer Wirkung bei der Atmung einer ausführlichen, klaren Darlegung unterzieht, so dass es möglich ist, wirklich ein genaues Bild dieses Gegenstandes zu erlangen[2]). Im Tractatus primus, der für die chemische Seite der Frage allein wichtig ist, und auf den auch im Tractatus secundus, dem eigentlichen „Respirations-Traktat" ständig verwiesen wird, sobald diese Seite des Atmungsproblems berührt wird, geht Mayow davon aus, dass er als Bestandteile des „Sal nitrum" ein „Sal acidum" und ein „Alkali" angibt. Diese Bestandteile stammen teils aus der Erde, nämlich das Sal fixum, während der spiritus nitri, der später den Zusatz „acidus" erhält, aus der Luft stammt, wenigstens teilweise, denn, sagt Mayow, sein grosses Gewicht, seine Feuchtigkeit u. s. w. sprächen dagegen, dass er ganz daher seinen Ursprung nehme. Der Untersuchung über diesen spiritus nitri acidus liegt folgender Gedankengang zu Grunde. In einem abgeschlossenen Glase erlischt ein Licht, aber nicht durch den fuligo, denn dieser hätte ja für sich im luftleeren Glase mehr Raum als im luftgefüllten. In einem luftleeren Glase lässt sich aber auch auf keine Art und Weise ein Licht entzünden. Also muss die Luft das hierzu Wesentliche sein. Da aber das Licht vor völligem Verbrauch der Luft erlischt, müssen nur bestimmte Bestandteile der Luft den zur Verbrennung wesentlichen Faktor

---

[1]) Opera omnia medico-physica, Hagae Comit. 1681. Tract. I de sal nitro et spiritu nitro-aereo, pag. 1. Tract. II de respiratione, pag. 235.

[2]) cf. Kopp, Geschichte der Chemie, III.

bilden. Nun brennt Schwefel mit Nitrum im luftleeren Raum, also muss das Nitrum das Massgebende sein. Es ist aber auch nicht das ganze Nitrum, denn dieses stammt nur zum Teil aus der Luft. Es sind aber auch nicht etwa die Schwefelteilchen, denn Schwefel brennt im luftleeren Raum nicht und in Niter ist kein Schwefel enthalten. Also schliesst Mayow: Partem nitri aeream nihil aliud quam particulas eius igneo-aereas esse. Da aber der spiritus nitri von den Bestandteilen des Sal nitrum zum Teil wenigstens aus der Luft stammt, so sind die particulae igneo-aereae im spiritus nitri enthalten, mit anderen Worten, der spiritus nitro-aereus ist im spiritus nitri acidus enthalten und bildet dessen aus der Luft stammenden Teil. Als Aufgabe der Atmung bezeichnet es Mayow nun, „ut particulae certi (nitro-aerei) generis ad vitam animalem sustinendam necessariae, pulmonum ministerio ab aere secernantur, sanguinisque massae per minima permisceantur.“ Die Trennung der particulae nitroaereae von den particulae aereae soll auf folgende Art und Weise von statten gehen. Er sagt, er habe anfangs geglaubt, der eigentümliche Bau der Lunge bewirke die Separation, später jedoch habe er eingesehen, dass die Trennung erst nach Eintritt der Particulae aereae ins Blut, und zwar nach erfolgter Zerstörung derselben durch die fermentative Wirkung der Particulae salino-sulphureae des Blutes stattfinde. Unter gleichzeitiger Wärmeentwicklung nehme bei diesem Prozess das Blut seine purpurrote Färbung an. Die eingeatmete Luft verliere durch diesen Vorgang ihre vis elastica und sei infolgedessen zur weiteren Atmung unbrauchbar. Zugleich mit dieser unbrauchbar gewordenen Luft würden dann die „halitus a sanguinis aestu excitati“ bei der Expiration weggeschafft. Der direkte Nutzen der Atmung betreffe aber die Herzbewegung, denn jede Muskelbewegung habe ihren Grund in der Effervescenz, welche entstehe, wenn die particulae

nitro-salinae des Blutes mit den Particulae salino-sulphureae in den „Partes motrices“ des Körpers zusammenträfen. Da aber das Herz ein Muskel sei, so treffe das oben gesagte auch für die Herzpulsation zu, sodass das Aufhören der Atmung Aufhören der Herzpulsation, also Tod bedeute. Ueber den Mechanismus der Atmung bringt Mayow nichts von grösserer Bedeutung. Er nimmt natürlich die Muskeltätigkeit als Grund der Thoraxerweiterung an und entscheidet hierbei die vielumstrittene Frage der Intercostales dahin, dass Interni und Externi Dilatatoren, also Inspiratoren seien. Als Ursache des Eindringens der Luft in den erweiterten Thorax bezeichnet er die „atmosphaerae pressura“ und die vis aeris elastica. Interessant ist die Bemerkung, dass die Nerven der Trachea und der Bronchien mehr sensitive und nutritive als motorische seien. Der Schlüssel zu Mayows Stellung in der Atmungsfrage liegt in den Worten: „ut videatur spiritum quendam acidum nitrosum que in aere residare.“ „Dieser Schluss“, sagt Kopp (pag. 192), „ist der Uebergang zu Mayows System und dieses selbst ist richtiger als die Schlussfolgerung, durch welche er zu der Aufstellung desselben gelangte.“ In der Tat, vergleichen wir die von ihm angeführten Erscheinungen des Atmungsprozesses im allgemeinen mit den speziellen chemischen Gründen, so erstaunt man über die Richtigkeit des ersteren im Vergleich zu dem von uns oben durchgeführten Aufbau des Kettenschlusses. Den Vergleich zwischen Atmung und Verbrennung haben wir ja schon mehrfach angetroffen, aber bis zu Mayow war er stets ein rein äusserlicher, das Wesen der Sache ausser acht lassender geblieben. Vor allem aber wollte das Prinzip der Abkühlung nicht in ihn hineinpassen. Mayow bringt als erster die Ansicht von einer Wärmeentwicklung, er ist der erste, der tierische Wärme und Atmung in Beziehung bringt, und wenn er auch die Entstehung dieser Wärme der fermentativen Wirkung

der zusammentreffenden salino-sulphurösen Blut- und nitro-aerösen Luftbestandteile zuschreibt, dass Blut also nicht als Träger des Verbrennungsstoffes mehr indirekt an der Verbrennung beteiligt ist, sondern vielmehr eine direkte Rolle spielt, indem die massa sanguinis gleichsam selbst Brennstoff ist, so ist doch zu erwägen, dass allein schon die Verbannung des Refrigerationsprozesses, der seit Aristoteles und Galen unumschränkt in der Atmungsphysiologie geherrscht hatte, eine Tat war, ganz abgesehen, dass das Herz für die chemischen Vorgänge bei der Atmung ganz aus dem Spiele bleibt und der Uebergang bestimmter Luftteilchen in das Blut, wie die Abgabe von Blutbestandteilen an die Luft sicherlich als Vorläufer der heutigen Lehre von der Sauerstoffaufnahme und Kohlensäureabgabe gelten kann. Auch das darf nicht vergessen werden, dass bei Mayow kein Platz für mechanische Erklärungen des Atmungsprozesses etwa im Sinne Malpighis oder Borellis ist, man müsste denn die eine Bemerkung von der ins kleinste gehenden Beimischung (sanguinisque massae per minima permisceantur) als Konzession an eine mechanische Auffassung betrachten, wofür jedoch die sonstigen Anschauungen durchaus keinen Anhaltspunkt bieten. Und schliesslich, was ist, wenn man so urteilen will, die heutige Auffassung von den chemischen Vorgängen anders, als die einer molekularen, also doch im Grunde mechanischen Trennung und Vereinigung. Hinsichtlich des Mechanismus der Atmung sei noch darauf hingewiesen, dass in der Stelle „ab atmosphaerae pressura eum (aeris introitum) provenire“ eine völlige Verkennung des Wesens des Luftdruckes liegt, wie am deutlichsten die Trennung von aer und atmosphaera zeigt. Im allgemeinen wird man aber nach allem nicht umhinkönnen, Mayows Lehre als entschiedenen Fortschritt in der Kenntnis der Atmungsphysiologie zu betrachten.

Hatte Mayow Atmung und Verbrennung als etwas Aehnliches betrachtet, weil bei beiden spiritus nitro-aereus verbraucht werde, so vertrat Willis[1]) die Ansicht von der vollständigen Identicität beider Prozesse. Deshalb entwickelt er seine Ansichten auch im Anschluss an seine Verbrennungstheorie. Auf drei verschiedene Weisen können Flüssigkeiten erwärmt werden, erstens „a calido admoto", zweitens „cum salina corrosiva, quae diversae in rolis sunt, anf invicem, aut sulphureis commnissa, in se mutuo agunt", drittens „quando humor quispiam sulphuro aut spiritu plurimo imbutus, a flamma admota incendium concipit". Ebenso wie die nur für „corpora crassiora aut solida" inbetracht kommenden Formen der „fermentatio, putrefactio und attritio" verwirft er die beiden ersten Arten und entscheidet sich für die dritte. Diese Behauptung stützt er auf seine Verbrennungstheorie und sagt darüber ungefähr folgendes: Zum Entzünden und Erhalten einer Flamme sind erforderlich erstens freie und unausgesetzte Luftzufuhr, nicht allein, um durch Wegschaffen der Dämpfe deren schädliche Wirkung zu beseitigen, sondern auch, und zwar hauptsächlich, zum Herbeischaffen des „pabulum nitrosum", denn alles „sublimäre" Feuer, und besonders die Flamme wird angefacht durch das Zusammentreffen von „particulae sulphureae" aus dem brennbaren Material und „particulae nitrosae" aus der Luft. Das zweite Erfordernis ist der ständige Ersatz des „pabulum sulphureum" und drittens ist das Wegschaffen der russigen Teile geboten.

Die drei Forderungen sind nun in gleicher Weise für die Erhaltung des Lebens wie der Flamme von Bedeutung; denn zunächst bedeutet die Verhinderung von Luftzutritt ebensogut für das Leben, wie für die Flamme das Erlöschen, weil ja keine particulae nitrosae mehr in die Lunge dringen können.

---

[1]) de sanguinis incalescentia accensione exercitatio medico-physica, in opera omnia I Genevae 1695.

Ferner, wenn entweder gar keine oder zu dünne und zu wässrige Nahrung dem Blute zugeführt wird, so lässt dessen Wärme ebenso wie die einer schlecht genährten Flamme nach, und ebenso drittens ist für das Leben gleichwie für die Flamme eine Ventilation nötig. Mit Recht glaubt also Willis sagen zu können, „animalis vitam esse aut ignem aut aliquid ei valde analogum". Es scheint nun Willis selbst den Eindruck des Unwahrscheinlichen gemacht zu haben, dass das Blut wirklich einen Verbrennungsprozess durchmachen sollte, er erklärt deshalb ausdrücklich, die „cruoris analysis chymica" habe nicht nur eine entsprechende Anzahl „particulae sulfuris ac spiritus" ergeben, sondern sogar einen genügend reichlichen Vorrat von „oleum inflammabile", welchen Teilen wiederum in richtigem Verhältnis als „fraena nimiae accensionis" dichtere, „crassiora" Bestandteile beigemischt seien, so dass das Blut sehr wohl zu Verbrennung geeignet sei. Ausserdem sei es ja auch nicht nötig, dass die ganze Masse des Blutes verbrenne, sondern diese betreffe allein die particulae sulphureae und spirituosae, während andere flüchtige Bestandteile zu den verschiedensten Zwecken des Körpers verausgabt würden; andere wiederum, die dichter seien, dienten nach einer entsprechenden Präparation — „coctae et assatae", gekocht und geschmort — den verschiedensten Körperteilen als Nährstoff. Vor allem aber würden, und damit kommen wir auf den Zweck der Atmung, die „particulae elasticae et spiritus animales", welche in grosser Menge im Blut vorhanden sind und welche durch Eintritt in die Muskeln den Bewegungsfunktionen dienen, erst frei für diese Aufgabe Die Frage der Entstehung der „Flamma vitalis" beantwortet Willis in der Weise, dass er sie zunächst gleich nach stattgehabter Conception, „ab ipso conceptu", beginnen lässt, indem ein Rudiment, ein kleinstes Teilchen, der anima corporea, welches beiderseits von der anima corporea der Eltern stammt,

in dem eben befruchteten Keim gleichsam deponiert und von der mütterlichen Wärme angefacht wird, sodass es allmählig und unbemerkt zu wachsen und zu leuchten anfängt. Mit beginnender Blutbildung wird dieser Prozess energischer, ist aber auch jetzt noch sehr schwach und bleibt es auch während des ganzen intrauterinen Lebens. Erst nach eingetretener Geburt wird die Verbrennung intensiv, weil dann erst die Zufuhr der particulae nitrosae aus der Luft möglich ist. Vergleicht man Willis mit Mayows Anschauungen, so muss man trennen zwischen der Frage des Gasaustausches, wenn diese Bezeichnung auf die damaligen Vorstellungen anzuwenden erlaubt ist und der der Entstehung der tierischen Wärme. In ersterer scheint ein gar grosser Unterschied nicht zu bestehen; denn beide nehmen die particulae sulphureae und die particulae nitrosae als das Wesentliche für den Atmungsprozess an und sprechen sich auch für die Resorption der ersteren aus. Auch darin gleichen sich beide, dass sie gemeinsam die im Grunde mechanische Beimischung (admistio-Willis, permisceantur-Mayow) annehmen und darauf die arterielle Blutfarbe zurückführen. Dass Willis sich für einen der Verbrennung analogen Vorgang bei der Atmung entschliesst, während Mayow sich nur mit einer Aehnlichkeit begnügt, ist bereits erwähnt. Ganz verschieden sind beide Autoren aber in der Auffassung von der Entstehung der tierischen Wärme. Während nämlich Mayow eine Fermentation annimmt, zieht Willis die Verbrennung als ursächlich für ihre Entstehung heran und er ist jedenfalls als der erste zu bezeichnen, der den Zusammenhang zwischen Atmung, Verbrennung und tierischer Wärme aussprach.

Auch Boyle[1]) beschäftigte sich mit dem Chemismus der Atmung, aber er kommt nicht zu einer bestimmten Ansicht.

---

[1]) Nova experimenta physico-mechanica 1680.

Er bestreitet z. B. als nicht erwiesen, Mayows und Willis Behauptung, dass der zur Atmung wesentliche Bestandteil der Luft ein salpetriger sei und nennt ihn ganz unbestimmt „some vitale substanze diffused through the air, wheter it be a volatile nitre, or some yet anonimous substanze.“ Hinsichtlich der Aufgabe der Atmung glaubt er, dass eine Abkühlung des Blutes nach der Inspiration, eine Kondensation nach der Exspiration stattfinde, und dass auch eine Reinigung „depuratio“ des Blutes eine Rolle spiele, gibt aber zu, über diesen Gegenstand nicht genügend orientiert zu sein. Viel wichtiger sind seine Untersuchungen über die vis aeris elastica für die mechanische Seite der Atmungslehre. Die vis aeris elastica wurde schon bei Borelli gleichzeitig mit der mit ihr gemeinsam wirkenden gravitas aeris erwähnt. Während aber das Gewicht der Luft schon von Aristoteles und weiterhin eben von Borelli, von Mariotte und mehreren anderen in verschiedenster Weise in den Kreis der Betrachtung gezogen wurde, war Boyle es, der zuerst die elastische Natur der Luft behauptete und experimentell nachwies. Er stellte fest, dass vermöge des atmosphärischen Druckes und der elastischen Natur der Luft, diese bei erweiterter Lunge in dieselbe eindringe und fixierte so diesen wichtigen Punkt im Mechanismus der Atmung.

Hieran anschliessend müssen noch einige Punkte Erwähnung finden, um den Stand der Atmungslehre in der vorliegenden Periode möglichst vollständig darzustellen.

Wir folgen hierin Bohn,[1]) dessen Hauptwerk nach Haeser (II 304) überhaupt sehr geeignet ist, den Stand der Physiologie seiner Zeit kennen zu lernen. Was zuerst die schon so oft besprochene Frage der Tätigkeit der Intercostalmuskulatur betrifft, so verwirft er die Ansicht derer, die den

[1]) Circulus anatomico physiologicus seu oeconomia corporis animalis, Lips. 1710.

Intercostales externi und interni verschiedene Funktionen zuschreiben. Auch die Meinung Spigelius' erscheint ihm irrig, der alle Intercostales bei der Inspiration sich dehnen, bei der Exspiration sich zusammenziehen liess. Dagegen schliesse er sich der Ansicht Plemps, Swammedams, Mayows und Sylvius' an, welche sich folgende Vorstellung von der Bewegung der Rippen durch die Musculi intercostales machten. Bohn schreibt darüber wörtlich (pag. 80): — costarum in inspiratione non tam rectum magis reddi, adeoque extrorsum tantum in inspiratione easdem magis ad interiora incursari, sed sursum potius simul ac deorsum trahi, hinc illa ratione pectoris cavitatem ampliari, hoc contrahere autumnant. Der alte Zwiespalt besteht also auch jetzt noch in diesem wichtigen Punkt fort. Hinsichtlich einer eventuellen Wirkung der Lunge selbst erkennt Bohn ganz richtig, dass dies zur Inspiration nicht beitrage, dagegen wohl zur Expiration, „uno verbo", sagt er (pag. 79) ad „expirationem efficient aliquid, in inspiratione nihil conferunt pulmones". Während das letztere schon allgemein anerkannt war, behauptete man auch hinsichtlich der Expiration die völlige Untätigkeit der Lunge, sodass Bohns Bemerkung hier wohl Erwähnung verdient. Auch seine Behauptung, die Atmung sei eine „actio ex naturali et spontanea mixta" muss hier angeführt werden, weil man bis dahin, Galen folgend, den ganzen Atmungsvorgang als durchaus vom freien Willen abhängig gehalten hatte.

Die Erklärung ist umso bedeutsamer, als sich daran eine Definition der verschiedenen „instinctus, seu primi ad opus respiratorium impetus" anschliesst. Die „actio naturalis" kommt nämlich nach Bohn so zustande, dass die fibrillae der die Trachea und die Bronchien, sowie auch die Lungenbläschen umspannenden Nerven in eine bestimmte Bewegung versetzt werden, diese auf die Nerven des Zwerchfells und der Thorax-

muskulatur fortpflanzen und so auch diese selbst in Bewegung bringen. Die fibrillae selbst erhalten ihre Bewegung dadurch, dass die „plexus arteriorum und venarum“ sich prall mit Blut füllen. Im Gegensatz hierzu nimmt die actio spontanea ihre Entstehung mehr unmittelbar aus den Muskeln. Richtig ist also der Zusammenhang zwischen Blut und Selbststeuerung der Atmung erkannt. Trotzdem begnügt sich Bohn zur Erklärung für letztere mit der in der Luft schwebenden Annahme einer zu prallen Füllung der Gefässplexus. Dass im übrigen auch die actio spontanea nicht richtig erkannt ist, geht daraus hervor, dass Bohn hierher nur das Singen, Sprechen, Lachen rechnet (pag. 89).

Man sollte nun annehmen, dass nach den Ausführungen von Willis und besonders von Mayow der Weg nicht mehr zu verfehlen und auch nicht mehr gar zu lang gewesen wäre bis zur endgültigen Erkenntnis der Bestandteile der atmosphärischen Luft und damit auch zur Erkenntnis eben des Chemismus der Atmung. In Wirklichkeit verloren Mayows und seiner Zeitgenossen Arbeiten über diesen Gegenstand mehr und mehr an Bedeutung, sodass schon Hales in seinem 1727, also noch nicht 60 Jahre nach Mayows Hauptwerk, erschienenen Buch „Vegetable Staticks“ die Luft wieder als ein Ganzes betrachtete und, obgleich ihm wohl bekannt war, dass keineswegs die ganze Luft beim Verbrennen der Körper absorbiert werde, dennoch die Absorption der Luft bei der Atmung auf die Luft als ungeteiltes Ganzes bezog. Ebenso sonderbar mutet es an, wenn Stahl[1]) das Vorhandensein von Schwefelsäure in der Luft behauptete, nur weil er aus einer (unreinen) Pottaschelösung, welche lange der Luft ausgesetzt war, schwefelsaures Kali hatte auskrystallisieren sehen.[2]) Dass der Zu-

[1]) Georg Ernst Stahls Theorie der Heilkunde, vorgestellt v. W. Ruf 1802 pag. 142 seq.

[2]) Kopp a. a. O. pag. 196, 197.

sammenhang zwischen den Studien über die Constitution der Atmosphäre und die Forschung der Atmungsphysiologie vollständig verloren gegangen war, zeigen Stahl Erörterungen über die Atmung. Nach seiner Ansicht befördert eine kräftige und schnell abwechselnde Bewegung eines Körperteils den An- und Durchtrieb des Blutes durch jenen Teil, erschwert aber auch den wirklichen Durchgang durch alle kräftig zusammengezogenen Stellen. Da bei diesem Vorgang die Reibung des Blutes eine grössere ist, steigt die Temperatur desselben. Dieses alles trifft hauptsächlich auf die Lungen zu, denn, sagt Stahl, die den kleinen Kreislauf erregende Kraft des rechten Ventrikels ist nicht auf so viele und so entfernte Teile verbreitet und infolgedessen in jedem einzelnen Teil nicht so geschwächt wie dieses im linken Ventrikel der Fall ist, sodass in der Lunge eine besondere Erwärmung des Blutes stattfindet, aus welcher eine grössere Flüssigkeit und eine lebhaftere Färbung resultiert. Stahl lehnt es ausdrücklich ab, diese Wärmesteigerung des Blutes irgendwie „aus dem Aether zu erklären, welcher beim Atmen aus der Luft angezogen werden soll“ und nennt diese Erklärungsart einen „Gegenstand der Neugierde und unnütz für den Arzt.“

Noch deutlicher als bei Stahl finden wir bei einem zweiten Vertreter der medizinischen Systematik im 18. Jahrhundert, bei Boerhaave,[1]) die Rückkehr zur Borellischen Schule und damit zur Annahme mechanischer Prinzipien als Grundlage physiologischer Vorgänge. Er erklärt sich den Atmungsvorgang folgendermassen: Die ganze Blutmenge tritt, getrieben vom rechten Ventrikel und der ganz gewaltigen Anstrengung der Atmungstätigkeit, in ganz derselben Zeit durch die Lunge, wie durch den übrigen Körper. Hierdurch wird

[1]) Institutiones medicae 1740, pag. 92—129.

eine viel grössere Reibung und dadurch auch Erhitzung des Blutes in der Lunge hervorgebracht, als in irgendwelchen anderen Körperteilen. Die Hitze würde so gross sein, dass sie für den menschlichen Körper unerträglich sein und tötlich wirken würde, wenn dieser Effekt nicht durch die eingeatmete Luft verhindert würde. Da sie stets weniger warm ist, als das Blut in der Lunge, so kann die Abkühlung durch die Berührung der Luft mit den die Lungenbläschen umspannenden kleinsten Gefässverästelungen der Lungenarterie zustande kommen. Die starke Erhitzung des Blutes in der Lunge hat den Zweck, dessen Auflösung in seine feinsten Teilchen und ihre Vermischung mit der Chylusflüssigkeit herbeizuführen, wodurch es eben zur Ernährung der Körperbestandteile befähigt wird. Würde also die notwendige hohe Temperatur des Blutes nicht compensiert durch die weniger hohe der Luft, so würde, sagt Boerhaave, bald alles Blut gänzlich verfaulen und die verderblichsten Krankheiten würden sich einstellen. Ganz abgesehen also von speziellen chemischen Kenntnissen hatte sich nicht einmal der allgemeine Gedanke von einer chemischen Seite der Atmung erhalten. Lange aber sollte diese Erkenntnis nun nicht mehr auf sich warten lassen. Bevor wir jedoch die weitere Entwicklung der Chemie der Atmung verfolgen, muss die bis dahin noch so sehr strittige Frage der Tätigkeit der Zwischenrippenmuskeln erledigt werden, die wir bei Borelli verlassen hatten. Sie fand ihre endgültige Lösung in einer ausserordentlich heftigen Controverse zwischen Haller[1]) und Hamberger,[2]) die im wesentlichen ein Streit um die Tätigkeit der Intercostales interni ist. Denn wenn auch Hamberger die Externi ausdrücklich für Rippenheber erklärt, weil ihr

---

[1]) Anfangsgründe der Physiologie, Deutsch von Hallen 1766, pag. 58—72 III.

[2]) Physiologia medica 1751, pag. 140.

oberes Ende den Wirbeln näher liege, folglich beweglicher sei, als das untere, und dadurch bei einer Contraction der betreffenden Muskeln der bewegliche Teil sich zum festen hinbegeben müsse, Haller sie im Wesentlichen aber nur für Halter der Rippen hält, um die Spannung der Interni zu compensieren und ihnen nur als Nebenamt sozusagen ein leichtes Heben der Rippen in geringem Umfang zumisst, so ist das, selbst nach Hallers Ansicht, kein wesentlicher Unterschied. Ganz anders hinsichtlich der Intercostales interni. Hamberger hält sie für Herabzieher der Rippen, also Expirationsmuskeln, während Haller sie als Rippenheber anspricht, ihnen also eine Tätigkeit bei der Inspiration zuweist. Hamberger glaubte, dass sich in den Pleurahöhlen Luft befinde, welche bei der Expiration insofern einen Druck auf die Lunge ausübe, als eben die Intercostales interni die Rippen herabzögen. Diese falsche Vorstellung widerlegte Haller, indem er den Thorax seiner Versuchstiere unter Wasser öffnete und so fand, dass im Pleuraraum tatsächlich keine Luft vorhanden ist. Wir wissen ausserdem, dass Hamberger die Tätigkeit der Intercostales interni insofern falsch beurteilte, als sie Herabziehen der Rippen auch für die ruhige Expiration sein sollten, während sie ja in der Tat nur der forcierten Expiration ihre Tätigkeit leihen. Haller wies denn auch im Verlauf der Fehde nach, dass die ruhige Expiration ausschliesslich auf einem Nachlassen der während der Inspiration erfolgten Muskelcontraction beruhe. Trotzdem gebührt Hamberger das Verdienst, die Tätigkeit der Intercostales interni als Expiratoren erkannt und die Art ihrer Wirksamkeit durch Zerlegung der Kraft in ihre Komponenten mathematisch genau erklärt zu haben.

Zurückkehrend zum Chemismus der Respiration ist es klar, dass die richtige Erkenntnis dieser Erscheinungen erst nach Entdeckung des Sauerstoffes erfolgen konnte. Ein Vorläufer

dieser Erkenntnis war Helmont, nicht nur insofern als er „für diejenigen luftartigen Flüssigkeiten, welche in ihren Eigenschaften von der gemeinen Luft abweichen und doch auch keine Dämpfe sind," zuerst den Begriff „Gas" einführte, als vielmehr durch die Entdeckung der Kohlensäure, die er „fixe Luft" nannte oder auch als „gas sylvestre" bezeichnete. Ihre Bedeutung für den Atmungsprozess blieb ihm jedoch unbekannt, bis Black 1755 die Kohlensäure als etwas von der Atmosphäre Verschiedenes feststellte und zwei Jahre später auch die Ausscheidung von Kohlensäure bei der Atmung beobachtete. Hierdurch veranlasst erklärte er die Respiration als vorzugsweise, wenn nicht ausschliesslich, bestehend in der Umwandlung atmosphärischer Luft in „fixe Luft." Ein weiterer Schritt vorwärts auf der Bahn zur Entdeckung des Sauerstoffes war die Beobachtung Cavendishs und Lavoisiers, dass die Gase selbständige Körper seien, während, wie wir gesehen haben, auch die vorgeschrittensten Forscher sie bis dahin nur für Beimischungen der Luft hielten, die die Atmung teils günstig, teils ungünstig beeinflussten. Pristley gebührt das Verdienst, die entscheidende Entdeckung gemacht zu haben. Bei seinen Arbeiten über die Constitution der atmosphärischen Luft hatte er schon 1771 festgestellt, dass die bei der Atmung entstandene fixe Luft, welche die atmosphärische Luft zur Unterhaltung der Respiration unbrauchbar macht, durch die Pflanzenatmung wieder in respiratorisch brauchbare verwandelt werde. Der Grund dieses Vorganges blieb ihm einstweilen unbekannt. Erst 1774 stellte er aus rotem Quecksilberkalk durch Erhitzen ein Gas dar, das die Fähigkeit besass, die Verbrennung zu befördern. Er hielt jedoch dieses Gas nicht für einen Bestandteil der atmosphärischen Luft, und da er bei früheren Versuchen, bei denen er Salpeter in einem Flintenlauf erhitzt hatte, ein ähnlich wirkendes Gas erhalten hatte, so schloss er,

der Quecksilberkalk habe aus der Luft salpeterartige Bestandteile angezogen. Man sieht, auch Pristley stand den von Mayow, Willis usw. angenommenen salpetrigen Teilen der Luft, welche Verbrennung und Atmung befördern sollten, nicht absolut abweisend gegenüber. Erst als er nach Prüfung mehrerer Darstellungsarten dasselbe Gas erhielt und es verschieden fand von anderen, ebenfalls die Verbrennung begünstigenden Gasen, entschloss er sich, eine neue Luftart anzunehmen, die er als das wirksame Prinzip bei Atmung und Verbrennung entsprach. Er behauptete weiter von ihr, sie komme in der atmosphärischen Luft vor und sei frei von Phlogiston, weshalb er sie dephlogistisierte Luft nannte. Demgemäss erklärte Pristley die Respiration analog z. B. der „Calcination der Metalle“ für einen eigentlich phlogistischen Prozess, indem die dephlogistisierte Luft in der Lunge vermöge des Blutes phlogistisiert und so das überflüssige Phlogiston aus dem Körper entfernt werde.[1]) Da kam Lavoisier und erklärte im Gegensatz zu den Phlogistikern das Oxyd für eine Verbindung des Metalls mit Sauerstoff und sprach damit, wenigstens indirekt auch die Atmung für einen Oxydationsprozess an. Genauer hat er seine Ansichten über die Atmung in der Schrift „sur la respiration des animaux et sur les changements qui arrivent à l'air en passant par leur poumon.“ Hier giebt er für die von ihm beobachtete Erscheinung, dass beim Respirationsvorgang der Sauerstoff der Luft in ein nahezu gleiches Volumen „fixer Luft“ verwandelt werde, zwei mögliche Erklärungen. Entweder, sagt er, nimmt der Sauerstoff in der Lunge Kohlenstoff aus dem Blute auf und verwandelt

---

[1]) Pristley: Versuche und Beobachtungen über verschiedene Gattungen der Luft, II, pag. 37 seq. pag. 68 seq. Versuche u. Beobachtungen über verschiedene Teile der Naturlehre etc. pag. 151 seq. Beide Deutsch von Ludwig. 1778.

sich in fixe Luft, oder, und hierfür entschied sich Lavoisier, der Sauerstoff wird in der Lunge vom Blut absorbiert, während gleichzeitig ein entsprechendes Volumen Kohlensäure aus dem Blut abgegeben wird.[1]) Nehmen wir nun noch hinzu, dass Lavoisier als Produkt der zuerst von ihm als Verbrennung im heutigen Sinne gedeuteten Atmung die tierische Wärme bezeichnete, so sehen wir, dass, wie wir Harvey die erste, wir Pristley und Lavoisier gemeinsam die zweite Fundamentalentdeckung zu danken haben, indem Pristley den Sauerstoff entdeckte und Lavoisier ihm die richtige Stellung in der Physiologie der Atmung anwies, wodurch denn, wenigstens nach zwei Seiten hin die sichere Grundlage für weitere, eingehendere Forschungen gelegt war.

Es erübrigt noch einige Worte über die Entwicklung der Anschauungen zu sagen, die den Einfluss des Centralorgans auf die Atmungstätigkeit betreffen. Schon Homer weist wie bereits oben gesagt auf die Gefährlichkeit bezw. absolute Tötlichkeit bestimmter Nackenverletzungen hin, ohne jedoch, wie auch die Folgezeit, die eigentliche Ursache hierfür zu kennen. Galen[2]) hatte sich, wir wir schon sahen, mit Experimenten in dieser Hinsicht befasst, allein seine Versuche betrafen doch meistens nur Motilitätsstörungen nach Rückenmarksdurchtrennungen. Was die Annahme eines besonderen Teils des Centralorgans als besonders wichtig für die Atmung anbetrifft, so ist seine Ansicht nicht ganz klar ausgesprochen. Einmal scheint er der Ansicht des Herophilus und Erasistratus zu folgen, welche in dieser Hinsicht dem vierten Ventrikel grosse Bedeutung beimassen; an einer anderen Stelle scheint ihm das Rückenmark in der Höhe des ersten und zweiten Halswirbels

---

[1]) Kopp a. a. O. pag. 207.

[2]) de anat. administ l. VIII cap. IX.

der Sitz dieser wichtigen Lebensfunktion zu sein, wie wenigstens aus folgenden Worten hervorzugehen scheint: „atqui perspicuum est, quod si post secundam aut primam vertebram aut in ipso medullae spinalis principio sectionem ducas repenter animal corrumpitur.“ Daraus könnte man denn allerdings gewiss noch nicht auf die Annahme eines spinalen Atmungszentrums schliessen, während dies bei Oribasius schon eher der Fall ist, da dieser, der sonst im Wesentlichen den gleichen Standpunkt, wie Galen hat, ausdrücklich hinzufügt, bei Nackenstichen erfolge der Tod nicht durch Verletzung des vierten Ventrikels an sich, sondern des Stillstandes der Atmung wegen. Es dauerte lange bis man in diesem Punkt klarer sah, und selbst die exakten Versuche Chiracs[1]) führten nicht zum Ziel. Er hatte nämlich beobachtet, dass bei Durchtrennung der medulla oblongata zwischen Atlas und Occiput das Tier zwar zusammenstürzte, jedoch noch eine Zeit lang am Leben blieb, wenn man ihm Luft in die Lunge blies. Trotzdem wurde auch ihm die Bedeutung des verlängerten Marks für die Atmung nicht klarer. Erst Lory tat einen guten Schritt weiter; seine Experimente, die er zur Beantwortung der Frage „quelle est dans la caisse osseuse du cerveau l'organe propre à produire une morte subite?“ anstellte, zeigten ihm, dass weder Gross- noch Kleinhirn- noch auch Rückenmarksverletzungen diese Folge hatten, sodass einzig und allein die medulla oblongata übrig blieb. Hierbei blieb es jedoch nicht stehen. Er bestimmte genau die Grenzen, innerhalb deren Verletzungen den Tod hervorriefen und wenn auch hieraus zu schliessen ist, dass es sich bei Lory nur um die Auffindung des spinalen Respirationszentrums handelte, so ist dieser Fund immer als ein Markstein in der Geschichte der Atmungsphysiologie zu verzeichnen.

---

[1]) Philosoph. Transact. No. 226. Vergleiche auch im Folgenden: Neuburger, Die hist. Entwicklung etc. 1897.

Nunmehr trat für längere Zeit totale Ruhe auf diesem Gebiete der Forschung ein und selbst Haller, der Altmeister der Physiologie, behauptete die völlige Unabhängigkeit der Atmung vom Centralnervensystem, eine Annahme, die in seiner Jrritabilitätslehre ihren Grund hatte. Erst Cruiksland machte, angeregt durch die Beobachtungen seines Lehrers Hunter über den verschiedenen Ausgang der Halswirbelfrakturen, folgende Versuchsreihe: zunächst durchschnitt er das Spinalmark zwischen letztem Hals- und erstem Brustwirbel; das Tier atmete kräftig weiter, aber nur mit Hülfe des Zwerchfells. Dann durchschnitt er das oberste Halsmark; Tod war die unmittelbare Folge. Im dritten Versuch durchschnitt er zuerst die nervi phrenici; die Tätigkeit des Diaphragmas hörte auf, während das Tier mit Hülfe der Intercostalmuskulatur weiteratmete, bis nach Durchschneidung des Marks zwischen letztem Hals und erstem Brustwirbel sofort Respiration und Herzschlag aufhörten. Noch weitere Einsicht gewann Bichat nach Bekanntwerden der respiratorischen Bedeutung des Sauerstoffes. Er legte auf Grund umfassender Versuche die Grenze der tötlichen Rückenmarksverletzung an die Ursprungsstelle der Phrenici und bezeichnete als Grundursache des Stillstandes der Atmung das Aufhören der chemischen Prozesse. Was noch fehlte in der Kette, war die Auffindung des Vaguskerns; denn die Bedeutung dieses Nerven für die Atmung erkannte man immer mehr. Dieses gelang Legallois, der eine „circumscripte Stelle des verlängerten Marks“ bezeichnete, von deren Leitungsimpulsen die Atmung unmittelbar abhänge und welche er verlegte „à une petite distance du trou occipital et vers l'origine des nerfs de la huitième paire ou pneumogastriques.“ (Neuburger, pag. 235.) An diese Veröffentlichung Legallois schloss sich sofort Bell an Er bestimmte neben der Bedeutung des Vagus und Phrenicus diejenige des Facialis, der Recurrentes, der rami laryngei vagi,

des Accessorius für die Respiration und indem er die weite Entfernung der durch die eben genannten Nerven versorgten Muskeln einerseits und ihre harmonische Tätigkeit anderseits verglich, schloss er auf ein gemeinsames Impulszentrum für alle diese verschiedenen Nerven. Da er aber wusste, dass weder Gross- noch Kleinhirn, noch auch die Medulla spinalis als ein solches Zentrum angesprochen werden konnten, Verletzungen der medulla oblongata aber die Atmung sofort sistierten, ohne dass hierfür allein der Vaguskern verantwortlich gemacht werden konnte, so „verlegte Charles Bell in die Seitenteile der Medulla oblongata ein Zentrum, welches die Bestimmung habe, die Einzelleistungen der Atmungsmuskeln zu einem Gesamteffekt, zu einer gleichzeitigen harmonischen Aktion zu vereinigen.“ (Neuburger, pag. 238). Hatte also Bell den Gedanken eines Atmungszentrums in der Medulla oblongata, welches den ganzen complizierten Apparat beherrschen sollte, richtig erkannt, so irrte er in der Lokalisation und auch Fodera verlegt fälschlich dieses Centrum unterhalb des Vaguskerns an eine Stelle, wo nach seinen Experimenten bei Verletzungen der Tod unter asphyktischen Erscheinungen eintrat. Erst Flourens fand 1837 eine circumscripte Stelle in der Medulla oblongata, deren Verletzung augenblicklich den Tod zur Folge hatte, weshalb er diesen in der Rautengrube an der Spitze des Calamus scriptorius gelegenen Punkt Point oder Noend vital nannte, ein Ergebnis, mit welchem auch dieses Gebiet im Grossen abgeschlossen war.

Es ist mir eine angenehme Pflicht, Herrn Professor Dr. Helfreich in Würzburg für die liebenswürdige Anregung, sowie für die freundliche Unterstützung bei der Anfertigung der Arbeit auch an dieser Stelle meinen verbindlichsten Dank auszusprechen.

Literatur.

Aristoteles opera omnia (graece et latine). Parisiis, Editore Ambrosio Firmin Didot, Instituti Franciae Typographo 1854.

Αριστοτελους περι ζωων μοριων βιβλια δ', Deutsch von Dr. A. von Frantzius, Leipzig, Wilh. Engelmann 1853.

Αριστοτελους ιστοριαι περι ζωων, übersetzt von Dr. H. Aubert u. Dr. Fr. Wimmer, Leipzig, Wilh. Engelmann 1868.

Aristoteles Kleinere Abhandlungen über die Seele, übersetzt von F. A. Kreuz, Stuttgart, J. B. Metzler 1847.

Avicenna a Gerardo Cremonensi in Latinum conversus, Venetiis apud Vincentinum Valgrisum 1564.

Karl Bells physiologische und pathologische Untersuchungen des Nervensystems. Aus dem Englischen übersetzt von Moritz, Heinrich Romberg. Berlin, Stuhrsche Buchhandlung 1836.

Boerhaave Institutiones medicae in usus anunae exercitationis domesticos, Norimbergae, Impensis Lochneri et Mageri 1790.

Bohn, Circulus anatomico physiologicus seu Oeconomia corporis animalis, Lipsiae apud Thoman Fritsch 1710.

Borelli, De motu animalium, Lugd. Bat. 1685.

Boyle, Nova experimenta physico-mechanica de vis aeris elastica eiusdem effectibus in opera varia Genevae apud Samuelem de Tournes 1680.

Daremberg, La médecine dans Homère ou Études d'archéologie sur les médecins, l'anatomie, la physiologie, la chirurgie et la médecine dans les poèmes homériques Paris, librairie académique Didier et Co. 1865.

Deleboe Sylvius, Opera medica, disputationes medicae de respiratione usuque pulmonum.

Descartes, Oeuvres par Victor Cousin IV Paris, F. G. Levrault 1824.

Fabricius, De respiratione eiusque instrumentis in opera omnia anatomica et physiologica, Lugd. Bat. 1737.

Galeni opera, edit. Kühn 1822.

Haeser, Lehrbuch der Geschichte der Medizin und der epidemischen Krankheiten, Jena, Gustav Fischer 1881.

Haller, Anfangsgründe der Physiologie des menschlichen Körpers aus

dem Lateinischen übersetzt von J. S. Haller, Berlin, Chr. Fr. Voss 1766.

Hamberger, Physiologia medica seu de actionibus corporis humani sani Jenae, Sumptibus Theod. Wilh. Ernst Güth 1751.

Harvey, De motu cordis et sanguinis in animalibus. Lugd. Batav apud Johannem van Kerkhem 1757.

Hippokrates, Sämmtliche Werke. Ins Deutsche übersetzt und ausführlich commentiert von Dr. Robert Fuchs, München 1895.

Kopp, Geschichte der Chemie III. Teil, Braunschweig, Friedrich Vieweg und Sohn 1845.

Lactantius Firmianus, opera omnia quae exstant, Bipouti 1786.

Lommatzsch, Die Weisheit des Empedocles, Berlin, G. Reimer 1830

Lower, Tractatus de corde, item de motu et calore sanguinis et Chyli in eum transitu, Amstelodami 1669.

Malpighi, De pulmonibus epistola I, II, in opera omnia Lugd. Batav 1687.

Mayow, Opera omnia medico-physica, Hagae Comitum 1681.

Neuburger, Die historische Entwicklung der experimentellen Gehirn- und Rückenmarksphysiologie vor Flourens, Stuttgart, Ferdinand Enke 1897.

Oeuvres d'Oribase texte grec traduit en francais par Bussemaker et Daremberg III in Collection des médecins grecs et latins, publiée par Ch. Daremberg Paris 1858.

Pagel, Geschichte der Medicin Teil I u. II Berlin 1898.

Platon, Timaeus übersetzt von Wagner, Breslau 1841.

Plutarchi Chaeronensis Moralia, recognovit N. Bernadakis. Vol. V. Lipsiae, Teubner 1893.

Pristley, Versuche und Beobachtungen über die verschiedenen Gattungen der Luft. Versuche und Beobachtungen über verschiedene Teile der Naturlehre nebst fortgesetzten Beobachtungen über die Luft. Aus dem Englischen von Christian Ludwig, Leipzig 1780.

Schwarz, Herophilus und Erasistratus, eine historische Parallele Diss Würzburg 1826.

Spät und Beckh, Anonymus Londinensis. Auszüge eines Unbekannten aus Aristoteles-Menons Handbuch der Medicin und aus Werken anderer älterer Aerzte. Griechisch herausgegeben von H. Diels. Deutsche Ausgabe, Berlin, Georg Reimer 1896.

Stahl, Theorie der Heilkunde vorgestellt von Wendelin Ruf, Halle Johann Jacob Gebauer 1802.

Swrammerdam, Tractatus physico-anatomico-medicus de respiratione usuque pulmonum Lugd. Bat. 1679.

Vesalius, De humani corporis fabrica. Basilear per Joannem Operium 1543.

Willis, Opera omnia I. Genevae apud Samuelem de Tournes 1695.

Lebenslauf.

Geboren wurde ich, Ernst Amels, am 8. Juni 1874 zu Crefeld, als Sohn des Kaufmanns August Amels und seiner Ehefrau Maria, geb. Roeren. Ich besuchte 3 Jahre die Vorschule des Gymnasiums zu Crefeld und dann 9 Jahre diese Anstalt selbst, von der ich Ostern 1892 mit dem Zeugnis der Reife entlassen wurde. Ich studierte Medizin in Freiburg, Kiel und Würzburg. In letzterer Universität bestand ich das Tentamen physicum und Januar 1899 das Staatsexamen mit der Note „Gut“. Meiner Militärpflicht genügte ich beim 5. Bad. Infanterie-Regiment und 2. Westfälischen Husarenregiment in Freiburg bezw. Düsseldorf und wurde im August 1900 zum Assistenzarzt der Reserve befördert. Im Oktober 1900 trat ich als Assistenzarzt in das städtische Krankenhaus Crefeld ein, wo ich bis zum 1. Oktober 1902 verblieb.